

Avril 1974
Trimestriel

fascicule 2

BULLETIN

D'ÉCOLOGIE



MASSON ET CIE



Tome 5

SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE

Secrétariat : 4, avenue du Petit Château, 91800 BRUNOY.

(Voir en p. III de couverture pour le règlement des cotisations à MASSON & C^{ie}).

Bureau :

Président : Pierre GRISON, Station de Zoologie et de Biocoenotique forestières La Minière, 78000 Versailles.

Vice-Président : Yvon DOMMERGUES, Centre de Pédologie du C.N.R.S., B.P. 5, 54500 Vandœuvre-les-Nancy.

Secrétaire général : Claude DELAMARE DEBOUTTEVILLE, Laboratoire d'Ecologie générale, 4, avenue du petit Château, 91800 Brunoy.

Secrétaire générale adjointe : Mme Germaine RICOU, Laboratoire de Zoologie agricole, 16, rue Dufay, 76100 Rouen.

Trésorier : Jean-Marie TURMEL, Laboratoire de Biologie végétale appliquée, 61, rue de Buffon, 75005 Paris.

Secrétaire du Bulletin : Roger DAJOZ, Laboratoire d'Ecologie générale, 4, avenue du petit Château, 91800 Brunoy.

Conseil :

AMANIEU Michel, Maître de Conférences, Laboratoire d'Hydrobiologie, Place Eugène Bataillon, 34060 Montpellier.

BELLAN Gérard, Chargé de Recherches au C.N.R.S., Station Marine d'Endoume, rue Batterie des Lions, 13007 Marseille.

BINET Paul, Professeur à la Faculté des Sciences, Laboratoire de Physiologie végétale, 14000 Caen.

BINET Paul, Professeur à la Faculté des Sciences, Laboratoire de Physiologie végétale, 14000 Caen.

BLONDEL Jacques, Chargé de Recherches au C.N.R.S., Station Biologique de la Tour-du-Valat, C.N.R.S., Le Sambuc, 13200 Arles.

BROSSET André, Maître de Recherches au C.N.R.S., Laboratoire d'Ecologie générale, 4, avenue du petit Château, 91800 Brunoy.

CERCEAU Didier, Ingénieur Agronome (ENSAT), 8, avenue de Valentin, 94190 Villeneuve Saint-Georges.

DELAMARE DEBOUTTEVILLE Claude, Professeur, Laboratoire d'Ecologie générale, 4, avenue du petit Château, 91800 Brunoy.

DOMMERGUES Yvon, Directeur de Recherches au C.N.R.S., Centre de Pédologie du C.N.R.S., Centre de Pédologie du C.N.R.S., B.P. 5, 54500 Vandœuvre-les-Nancy.

ECKARDT F., Section d'Eco-Physiologie du C.E.P.E., C.N.R.S., B.P. 5051, 34033 Montpellier.

GRUDICELLI Jean, Maître de Conférences, Laboratoire de Zoologie, Faculté des Sciences Place Victor-Hugo, 13003 Marseille.

Mile GOUNOT Anne, Maître de Conférences, Département de Biologie végétale, 43, bd du 11 nov. 1918, 69621 Villeurbanne.

GOUNOT Michel, Professeur, Institut de Botanique, 28, rue Goethe, 67083 Strasbourg.

GRAUBY André, Ingénieur, D.P.S./G.R.C., C.E.N. Cadarache, B.P. n° 1, 13115 Saint-Paul-les-Durance.

GRISON Pierre, Directeur de la Station de Zoologie et de Biocoenotique forestière, La Minière, 78000 Versailles.

JOURDHEUIL Pierre, Directeur de la Station de Recherches de lutte biologique et de zoologie, 37, boulevard du Cap, B.P. 78, 06600 Antibes.

LEFEUVRE Jean-Claude, Directeur de la Station Biologique de Paimpont, 35380 Plénan-le-Grand.

MARTINAT Michel, Architecte-Urbainiste, 13 à 17, rue Lucien Perquel, 95160 Montmorency.

MOREL Pierre, Vétérinaire-Inspecteur de la Coopération, 10, rue Pierre Curie, 94700 Maisons-Alfort.

RAMADE François, Professeur, Laboratoire de Biologie animale, Faculté des Sciences, 91400 Orsay.

REAL Pierre, Professeur, Laboratoire de Biologie et d'Ecologie animales, Route de Gray, La Bouloie, 25030 Besançon Cedex.

ROUGERIE Gabriel, Professeur, Institut de Géographie, 191, rue Saint-Jacques, 75005 Paris.

ROUX Albert, Maître de Conférences, Département de Biologie animale, 43, bd du 11 nov. 1918, 69621 Villeurbanne.

SOUCHON Christian, Maître-Assistant, Département d'Environnement, Université Paris VII et A.P.B.G., 28, rue des Pierrelais, 92320 Châtillon.

TURMEL Jean-Marie, Sous-Directeur, Maître de Conférences, Laboratoire de Biologie végétale appliquée, 61, rue de Buffon, 75005 Paris.

Membres étrangers du bureau :

Professeur DUVIGNEAUD, Centre national d'Ecologie générale, 28, avenue Paul Heger, Bruxelles 5^e (Belgique).
Professeur SACCHI, Istituto di Zoologia, dell'Università, Palazzo Botta, 27100 Pavia (Italie).

Dr. RAMON MARGALEF, Instituto de Investigación, pesqueras, Paes Nacional s/n Barcelona 3 (Espagne).

Professeur GIACOMINI, Ordinario di Botanico, Università di Roma (Italie).

Professeur STUGREN, Catedra de Biologie, Universitatea « Babes Bolyan », Str. Clinicilor 5-7, Cluj (Roumanie).

Avril 1974
Trimestriel

fascicule 2

BULLETIN D'ÉCOLOGIE

BULLETIN D'ÉCOLOGIE

SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE

Secrétariat général
4, Avenue du Petit-Château
91800 BRUNOY, Essonne (France)

MASSON et C^{ie}
120, bd Saint-Germain,
75280 PARIS Cedex 06

Publié avec le concours financier du Centre National de la Recherche Scientifique

Tome 5



BULLETIN D'ÉCOLOGIE

— Tome 5 — 1974 — N° 2 — Avril —

Articles originaux

- T. DO CHI et G. LASSERRE. — Structure de population, relation taille-poids et estimation du stock de crabes verts *Carcinus mediterraneus* dans un étang du littoral languedocien 91
- R. BARBAULT. — Structure et dynamique des populations naturelles du lézard *Mabuya buettneri* dans la savane de Lamto (Côte d'Ivoire) .. 105
- S. KELNER PILLAULT. — Etude écologique du peuplement entomologique des terreaux d'arbres creux (châtaigniers et saules) 123

Résumé de thèse

- F. SERRE. — Contribution à l'étude dendroclimatologique du Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) 157

Analyses d'ouvrages 163

Vie de la Société

- Colloque sur l'enseignement de l'Ecologie (Lyon: 31 janvier - 1^{er} février 1974) 167



STRUCTURE DE POPULATION, RELATION TAILLE-POIDS ET ESTIMATION DU STOCK DE CRABES VERTS *CARCINUS MEDITERRANEUS* CZERNIAVSKI, 1884, DANS UN ÉTANG DU LITTORAL LANGUEDOCIEN

par T. DO CHI et G. LASSERRE

Laboratoire d'hydrobiologie marine
Université des sciences et techniques
du Languedoc

I. — Introduction	92
II. — Présentation du site et rappel de sa vocation	92
III. — Méthodologie	94
A. — Moyens de capture	94
B. — Emplacements et surface échantillonnée	94
C. — Mensurations et marquages	94
D. — Influence de la marque sur le comportement de l'animal. Mortalité par marquage	95
E. — Traitement des données. Méthode de calcul	95
— Relation taille - poids	95
— Structure d'âge de la population	96
— Estimation numérique du stock. Marquages et recaptures	97
IV. — Structure de la population	98
V. — Relation taille - poids	101
VI. — Estimation du stock et de la biomasse	102
VII. — Résumé et conclusion	103
Références bibliographiques	103

RÉSUMÉ

Quelques aspects de la dynamique de population du crabe vert *Carcinus mediterraneus* ont été abordés au cours d'un travail de mise au point (méthodologique). Les observations préliminaires dégagées au niveau du site étudié, l'étang du Prevost, portent sur deux mois : fin mai - fin juillet. Elles concernent :

— les relations taille-poids ($W = 0,1968 L^{3,18}$ pour les mâles et $W = 0,1814 L^{3,08}$ pour les femelles).

SUMMARY

Some aspects of population dynamics of the shore crab *Carcinus mediterraneus* have been studied in a coastal pond for eight successive weeks, from late may to late july.

This paper presents and discusses preliminary data on :

— Width-weight relationships ($W = 0,1819 L^{3,18}$ for males and $W = 0,1814 L^{3,08}$ for females).

— la structure d'âge des échantillons (4 classes d'âge en totalité), analysée par la méthode des différences logarithmiques.

— l'estimation du stock et de la biomasse par marquages et recaptures (190 000 à 380 000 individus environ pour une aire échantillonnée de 20 hectares, soit une biomasse de 100 à 180 kg/ha environ).

— Age and size composition. Resolution of distributions into Gaussian components is carried out by fitting logarithmic differences of classes frequencies against mid-points of classes. Most crabs appear to belong to 4 age groups.

— Population size and biomass estimations by marking and recapture methods. The total number of crabs lies between $190 \cdot 10^3$ and $380 \cdot 10^3$ for a sampling area of $200 \cdot 10^3 \text{ m}^2$. The biomass is found to be respectively 100 and 180 kg/ $10 \cdot 10^3 \text{ m}^2$.

I. — INTRODUCTION

Ce travail a pour objet la mise en œuvre d'une campagne de marquage dans un étang languedocien : l'étang du Prévost, afin d'en estimer le stock de crabe vert : *Carcinus mediterraneus*, CZERNIAVSKY, 1884.

L'aspect méthodologique primera à tous les niveaux, que ce soit dans la collecte des données, dans leur traitement ou dans l'interprétation des résultats. En effet, à notre connaissance, aucune approche n'a été réalisée dans ce sens sur le littoral méditerranéen et cette note liminaire rend

compte des observations et des estimations que nous avons pu réaliser au cours de cette étude.

II. — PRÉSENTATION DU SITE ET RAPPEL DE SA VOCATION

Nous reprendront les termes d'AMANIEU et LASSERRE (1973), afin de situer l'étang du Prévost dans son contexte géographique et écologique.

« L'étang du Prévost (fig. 1) est un petit étang méditerranéen de première ligne, situé entre la ville

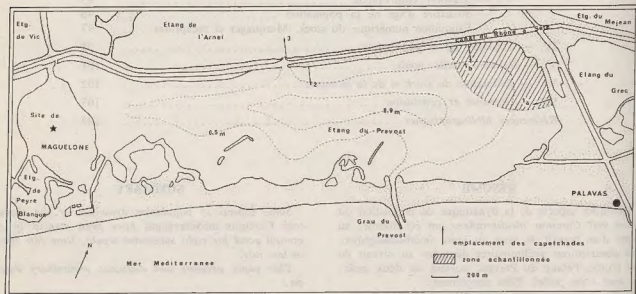


FIG. 1. — Carte de l'étang du Prévost.

de Palavas-les-Flots à l'est et le site de Maguelone à l'ouest. Il est entouré :

- au N.E. par l'étang de Grec dont il est séparé par le Lez canalisé;
- au N.W. par l'étang de l'Arnel dont il est séparé par le canal du Rhône à Sète;
- au S.W. par l'étang de Peyre-Blanche dont il est séparé par l'îlot de Maguelone;
- au S. par la Méditerranée dont il est séparé par le cordon littoral.

Il communique :

- directement avec la Méditerranée par le Grau du Prévost;
- avec l'Arnel par l'intermédiaire du canal du Rhône à Sète, au niveau du pont de l'Arnel, presque vis-à-vis du Grau;
- avec le Lez par une « canalette » peu profonde sur le flanc ouest de Palavas.

De forme grossièrement rectangulaire, large en moyenne de 0,8 km et long de 3,5 km, envahi sur son flanc sud par des sansouires émergées, son plan d'eau couvre environ 380 ha. Les fonds sont faibles dans la partie centrale, entre 1 et 0,3 m, variant avec les lieux et les moments.

La vase grise et compacte qui les constitue est

tapissée par une végétation alguale composée essentiellement d'Ulves et d'Entéromorphes. Au printemps, de nombreux alevins de lous, daurades, muges, soles, flets y pénètrent par le Grau, tandis que les anguilles y sont plus ou moins longuement sédentaires.

Traditionnellement exploité pour la pêche d'aout à mai, de récents essais de conchyliculture y ont été tentés ».

Nous devons à GUELORGET et MICHEL (1973) un aperçu écologique détaillé de l'étang du Prévost. Le stock de daurade (*Sparus auratus*) de la classe O⁺ a été estimé par LASSERRE en 1973 et celui du loup (*Dicentrarchus labrax*) fait actuellement l'objet d'une évaluation.

Le crabe vert (*Carcinus mediterraneus*), connu pour son ubiquité et son abondance, a été inscrit naturellement au nombre des tentatives d'estimation de stock et de la biomasse animale (1).

Comme dans les autres étangs de la région, la pêche est pratiquée traditionnellement avec la capetchade : filet piège professionnel (fig. 2). Elle comprend deux parties : la paradière et le tour.

a) La paradière se présente comme un filet composé d'une seule nappe rectangulaire tendue per-

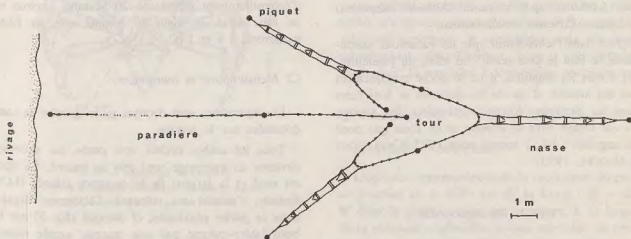


FIG. 2. — Plan d'une capetchade.

(1) Ont particulièrement contribué, R. ASSIE, Technicien et J. PARISELLE, étudiant, aux marquages réalisés sur le plan d'eau mis à notre disposition par M. F. GUIRAL. Que tous en soient vivement remerciés.

pendiculairement au rivage à l'aide de 4 perches enfoncées dans la vase. Longue de 40 mètres environ sur une chute de 2 mètres, sa maille étirée est de 18 millimètres. Elle constitue un obstacle destiné à guider les prises vers le tour.

b) Le tour est une enceinte de filets formant en projection un triangle dont la base est ouverte sur la paradière qui lui est perpendiculaire. Chaque sommet du triangle est terminé par un piège ou verveux. Le verveux est constitué d'une nasse de filet de 6 mm de maille à son extrémité, maintenue dans sa forme par six cerceaux, un cerceau sur deux comportant un goulet. Ce dernier, en entonnoir, a pour but d'empêcher les prises de revenir en arrière.

Une ligne de flotteurs et de plombs maintient le système paradière + tour tendu entre la surface et le fond.

La capetchade est visitée tôt le matin, dès le lever du soleil. L'intervalle de temps entre deux visites est de 24 heures en moyenne.

La composition des prises est quantitativement et qualitativement variable selon les saisons. Nous avons relevé dans les apports : loupes (*Dicentrarchus labrax*), daurades (*Sparus auratus*), soles (*Solea* sp.), filets (*Platichthys flesus*), anguilles (*Anguilla anguilla*), blennies (*Blennius* sp.), gobies (*Gobius* sp.), athérines (*Atherina* sp.), crevettes (*Leander adspersus*) et crabes (*Carcinus mediterraneus*).

C'est dans l'ichtyofaune que les variations saisonnières se font le plus sentir. En effet, au printemps, mis à part les anguilles, il ne se pêche pratiquement que des alevins, et en été les poissons se font rares dans les captures. Aucune évaluation des apports n'a été tentée dans le Prévost si ce n'est que pour les anguilles : 10-12 tonnes pour 1972 (GUELORGET et MICHEL, 1973).

III. — MÉTHODOLOGIE

A) Moyens de capture

L'engin de capture utilisé est la capetchade. Nous en avons disposé de quatre que nous avons posées

puis visitées dans un laps de temps allant de 24 à 48 heures. La connaissance parfaite de l'étang par les pêcheurs nous a été des plus utiles pour le choix des emplacements.

Ces filets sont destinés, rappelons-le, à la capture du poisson. Mais il n'en reste pas moins que les crabes constituent une part importante de la pêche, vendue accessoirement, mais le plus souvent détruite ou rejetée à l'eau.

Le rendement d'une capetchade, évalué sur 3 capetchades (numérotées 1 a, 1 b et 2) pendant les mois de mai et juin 1973 s'inscrit entre 3 et 4 kilogrammes/capetchade/jour. Ces chiffres sont représentatifs des pêches effectuées par nous-mêmes et de l'abondance apparente qui est faible à cette époque de l'année. En effet, VEILLET (1945) avait déjà remarqué qu'en fin novembre à Sète le rendement d'un filet fixe peut atteindre plusieurs quintaux par jour lors de la descente des femelles vers la mer. Ensuite, ce chiffre diminue à partir de janvier.

B) Emplacements et surface échantillonnée.

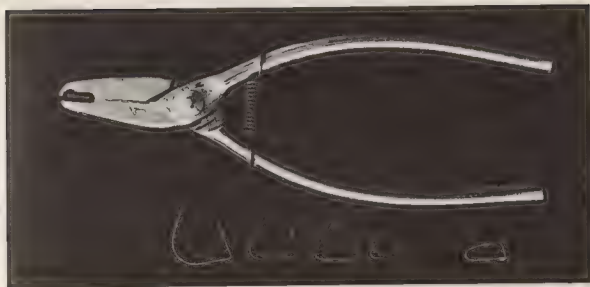
Les capetchades ont été réparties dans le secteur N-E de l'étang du Prévost (fig. 1). Toutefois, l'aire d'échantillonnage représente 20 hectares environ et ne fait entrer en ligne de compte que les filets numérotés 1 a et 1 b.

C) Mensurations et marquages.

Les opérations sont décrites telles qu'elles se sont déroulées sur le terrain.

Tous les crabes pêchés sont pesés, les animaux destinés au marquage sont pris au hasard. Le sexe est noté et la largeur de la carapace relevée (LC). Ensuite, l'animal est retourné, l'abdomen dégage dans sa partie proximale, et marqué (fig. 3) sur le bord latéro-externe par une marque agrafe numérotée (marque Presadom).

L'opération s'achève avec le tri de toute la pêche en vue de récupérer les marques posées lors des opérations précédentes.

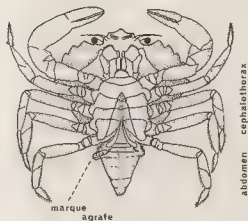


a)

D) Influence de la marque sur le comportement de l'animal.

Mortalité par marquage.

Une dizaine d'individus ont été marquées et relâchés en bassin. Leur comportement ne s'en est pas trouvé affecté apparemment et la marque ne constitue pas une gêne pour l'adhérence de l'abdomen à la face intérieure du céphalothorax. Au bout de 10 jours, aucune mortalité n'a été notée. Cette observation n'a qu'une valeur indicative, et il sera nécessaire de reprendre le problème sous un angle expérimental afin d'évaluer le taux de perte de marques et la mortalité à long terme par marquage.



b)

E) Traitement des données — Méthodes de calcul.

1) Relation Taille-Poids.

L'équation représentative de la croissance du poids en fonction de la taille est de la forme : $W = aL^b$, W étant le poids exprimé en grammes, L la largeur de la carapace céphalothoracique exprimée en centimètres, a et b des constantes.

Les calculs ont été exécutés d'après un programme FORTRAN (WTLN) d'ABRAMSON (1971) modifié par TOMLINSON et BÉRUDE.

FIG. 3. — Marquage de *Carcinus*

a) pince et agrafes métalliques (grandeur nature)

b) *Carcinus* marqué en vue ventrale

Enfin, de façon régulière nous avons ramené au laboratoire un échantillon de la pêche afin de procéder aux mensurations (LC) et aux pesées destinées au calcul des relations taille-poids.

2) Structure d'âge de la population.

La structure d'âge de la population a été abordée dans une première étape par l'analyse des histogrammes de distribution de taille (méthode de PETERSEN). Cette façon de procéder ne permet pas de séparer convenablement les classes d'âge d'une population. La méthode de PETERSEN s'est vue remplacée par des analyses plus rigoureuses qui font appel en général à deux genres de démarches :

— la première (HARDING, 1949 et CASSIE, 1954) utilise les droites d'anamorphose obtenues à l'aide du papier fonctionnel gaussio-arithmétique;

— la seconde (BUCHANAN-WOLLASTON et HODGESON, 1929 et OKA, 1954, cités par TANAKA, 1962) s'appuie sur la transformation logarithmique des distributions.

Dans un cas comme dans l'autre, une distribution polymodale se résout en autant de droites ou de paraboles que de distributions normales qui la composent.

Récemment, BATTACHARYA (1967) propose une solution approchée du problème de la résolution d'une distribution en composantes gaussiennes, basée sur des différences logarithmiques. Cette méthode fut reprise par MASSON (1970) et appliquée aux populations d'invertébrés par BÉNECH (1971) et de poissons par LAURENT et MOREAU (1973). Nous en donnerons un aperçu en reprenant l'essentiel du développement présenté par ces derniers auteurs.

Il s'agit d'abord de regrouper les données en classes de taille d'égale amplitude h et de point milieu x . On construit ensuite le graphe :

$$x \rightarrow \text{Log } z = \text{Log } z(x+h) - \text{Log } z(x)$$

$z(x+h)$ et $z(x)$ étant les effectifs des classes consécutives de points milieux $(x+h)$ et x .

On recherche les régions où deux ou plusieurs points consécutifs sont alignés sur des droites de pente négative (voir fig. 5). Le nombre K de régions correspond au nombre de composantes à condition que :

- pour tout x on ait $z(x) \neq 0$
- h soit « petit » devant chacun des écarts-types,

la valeur critique étant donnée par le rapport $h/\sigma \leq 2,2$. MASSON (1970) expose le développement mathématique qui conduit à cette inégalité que l'on se doit de vérifier à l'issue des calculs.

Nombre de sous-populations :

Le nombre de droites obtenues correspond au nombre de sous-populations ou de classes d'âge. Il est possible de définir les paramètres de chaque sous-population r .

En axes orthonormés, les estimations de la moyenne $\bar{\mu}_r$ et de la variance $\hat{\sigma}_r^2$ s'écrivent :

$$\begin{aligned} \mu_r &= \lambda_r + \frac{h}{2} \\ \sigma_r^2 &= h \cdot \cotg \theta_r - \frac{h^2}{12} \end{aligned}$$

λ_r , étant l'abscisse des points d'intersection des droites de pente négative avec l'axe des abscisses

θ_r , l'angle aigu qu'elles forment avec cet axe

Lorsque les axes ne sont pas orthonormés, μ_r ne change pas mais σ_r^2 s'écrit :

$$\sigma_r^2 = \frac{d}{b} h \cdot \cotg \theta_r - \frac{h^2}{12}$$

avec b : échelle de l'axe des abscisses

d : échelle de l'axe des ordonnées

(on pourra également utiliser la transformation : $\log x = 0,434294 \text{ Log } x$)

Proportion N_r de chacune des sous-populations dans la population totale

Soient μ_r et σ_r la moyenne et l'écart-type d'une population r :

$z(x_r)$ et x_r sont l'effectif et l'abscisse du centre de la classe contenant μ_r ,

Proportion N_r de chacune des sous-populations dans la population totale

Soient μ_r et σ_r la moyenne et l'écart-type d'une population r :

$z(x_r)$ et x_r sont l'effectif et l'abscisse du centre de la classe contenant μ_r ,

$z(x_r + h)$ et $x_r + h$ sont l'effectif et l'abscisse de la classe consécutive.

La probabilité P pour qu'un individu de la sous-population r appartienne à la classe de point milieu x_r s'écrit :

$$P = \Pi \left(\frac{x_r + \frac{h}{2} - \mu_r}{\sigma_r} \right) \quad \Pi \left(x_r - \frac{h}{2} - \mu_r \right)$$

Π étant la fonction de répartition de la loi normale réduite dont les valeurs sont données par LEFORT (1967).

La proportion N_r sera

$$N_r = \frac{z(x_r) + z(x_r + h)}{P(x_r) + P(x_r + h)}$$

$$P(x_r) + P(x_r + h) = \Pi \frac{x_r + \frac{3h}{2} - \mu_r}{\sigma_r}$$

$$\Pi \frac{x_r - \frac{h}{2} - \mu_r}{\sigma_r}$$

Enfin si $N = \sum N_r$,

on aura $P_r = \frac{N_r}{N}$

3) Estimation numérique du stock — Marquages et recaptures.

L'estimation numérique du stock est réalisée par la méthode des marquages et recaptures. Le principe de base est simple : si T individus sont marqués et relâchés et si n est l'effectif d'un échantillon dans lequel on aura m individus marqués recapturés, la population estimée sera $x = Tn/m$.

En réalité, la population que l'on veut dénombrer n'est pas stable. Aussi, verra-t-on dans la littérature des développements élaborés de techniques d'estimation par introduction de termes correctifs, afin de tenir compte de la variabilité du stock (migration, déplacement, recrutement, mortalité...) au cours de l'expérimentation.

Il a été fait appel à l'une d'elles (méthode de Jolly) au cours de cette étude; nous en donnerons un aperçu en rappelant son principe et sa nomenclature (voir également le tableau 1).

TABLEAU 1

Méthode de Jolly.

Résumé des opérations de marquages et de recaptages

Période i	n_i	S_i	Recaptures (le chiffre entouré est la période de marquage des recaptures)			
1	n_1	S_1	1			
2	n_2	S_2	m_{12}	2		
3	n_3	S_3	m_{13}	m_{23}	3	
4	n_4	S_4		m_4	4	
5	n_5	S_5				5
6	n_6	S_6		Z_4	R_5	m_{56}
n	n_n				m_{5n}	m_{6n}

L'ensemble des opérations d'échantillonnage-marquage, peut s'étendre sur plusieurs semaines, partagées en un certain nombre de périodes de quelques jours chacune.

Durant chaque période de rang i on pêche n_i animaux dont, éventuellement m_i ont déjà été marqués aux périodes antérieures; on marque les $n_i - m_i$ qui ne l'étaient pas, de telle sorte qu'au cours de la période i , on a relâché une quantité S_i d'animaux marqués au titre de cette période, S_i étant égal à n_i diminué des animaux morts au cours des manipulations d'échantillonnage-marquage de cette $i^{\text{ème}}$ période.

On adoptera la nomenclature suivante :

n_i = nombre d'animaux capturés durant la période i ;

m_i = nombre d'animaux capturés durant la période i et marqués aux périodes antérieures;

m_{ij} = nombre d'animaux marqués au titre de la période i , recapturés durant la période j .

Exemple : m_{12} nombre d'animaux marqués à la période 1, recapturés à la période 2,

m_{56} nombre d'animaux marqués à la période 5, recapturés à la période 6;

N_i = nombre total d'animaux présents dans l'aire d'échantillonnage à la période i ;

M_i = nombre d'animaux présents dans l'aire d'échantillonnage marqués antérieurement à la période i ;

S_i = nombre d'animaux marqués au titre de la période i ;

R_i = nombre d'animaux marqués au titre de la période i , recapturés ultérieurement,

Exemple : $R_1 = m_{13} + m_{16} + \dots + m_{1n}$;

Z_i = nombre d'animaux marqués avant et recapturés après la période i ,

Exemple : $Z_1 = m_{11} + m_{26} + m_{36} + m_{16} + m_{26} + m_{36} + \dots + m_{1n} + m_{2n} + m_{3n}$.

N.B. : Les animaux recapturés et lâchés durant la période i sont décomptés ultérieurement au titre de la période i . Par conséquent, les animaux et donc les marques qu'ils portent, doivent être individuellement identifiables.

Estimation de l'effectif M_i .

A l'issue de la période i on est en présence de deux stocks d'animaux marqués :

A. — les S_i qui ont été marqués durant cette période,

B. — les $M_i - m_i$ marqués antérieurement et non repris.

Le rapport numérique de ces deux stocks est :

$$\frac{A}{B} = \frac{S_i}{M_i - m_i}$$

Ces deux stocks n'ayant aucune raison d'évoluer différemment l'un de l'autre on devra, si les échantillonnages sont correctement réalisés, les retrouver ultérieurement dans le même rapport; or, postérieurement à la période i , on reprendra par définition,

R_i individus du stock A et Z_i du stock B. On a par conséquent :

$$\frac{A}{B} \neq \frac{R_i}{Z_i} \neq \frac{S_i}{M_i - m_i}$$

d'où l'on tire

$$M_i = \frac{S_i \times Z_i}{R_i} + m_i \quad (1)$$

La proportion d'animaux marqués dans l'échantillon est

$$\alpha_i = \frac{M_i}{N_i} \neq \frac{m_i}{n_i}$$

α_i est donc mesuré en pratique par le rapport $\frac{m_i}{n_i}$

On tire $N_i = \frac{M_i}{\alpha_i}$

A l'issue de la période i , le nombre d'animaux marqués et relâchés dans l'aire d'échantillonnage est $M_i + S_i - m_i$.

Par ailleurs pendant la période $i + 1$, le nombre d'animaux marqués est $M_i + 1$ calculé par la formule (1). Le rapport entre ces deux nombres mesure les variations numériques du stock des marqués par mortalité, émigration, recrutement, entre i et $i + 1$; nous conviendront de nommer survie ce rapport et de le désigner par le symbole :

$$\theta_i = \frac{M_i + 1}{M_i + S_i - m_i}$$

Variation numérique du stock.

Un autre paramètre B_i permet d'exprimer les variations numériques du stock entre les instants i et $i + 1$

Le nombre d'animaux calculé à la période $i + 1$ à partir des N_i est :

$$\Phi(N_i - n_i + S_i)$$

$$B_i = N(i + 1) - \Phi_i(N_i - n_i + S_i)$$

IV. — STRUCTURE DE LA POPULATION

La sex-ratio observée entre mai et juin (tableau 2) traduit une tendance vers la supériorité numérique

des mâles. VEILLET (1945), observe à la même époque 88 % de mâles et 12 % de femelles parmi les crabes âgés de plus d'un an et met ce déséquilibre en relation avec les migrations des femelles vers la mer. Celles-ci ont lieu dès les premiers froids alors que les mâles resteraient dans les étangs. Le faible taux de retour accusé par les femelles conduit aux sex-ratios mentionnés ci-dessus.

TABLEAU 2

Sex-ratio

Lieu	Date 1973	Effectif observé		Sex ratio
		Mâles	Femelles	
	26 mai	90	170	0,3461
	29 mai	26	27	0,4905
	4 juin	107	117	0,4841
	18 juin	129	53	0,7087
	20 juin	205	19	0,9151
	25 juin	96	3	0,9656
	27 juin	163	6	0,9644

Les histogrammes de la figure 4 illustrent les distributions de taille des échantillons mâles provenant des capetchades du Prévost (1a, 1b et 2) et de ceux de l'Arnel (3) (voir également la figure 1).

Leur analyse par la méthode des différences logarithmiques permet de discerner deux ou trois classes d'âge selon les échantillons (fig. 5 et tabl. 3). L'importance de chaque classe dans l'échantillon est évaluée; de plus, chacune d'elle est définie par sa moyenne et son écart-type.

L'examen du tableau 3 permet de souligner les remarques suivantes. Elles sont de deux ordres :

a) Du point de vue de la structure d'âge des échantillons, on observe :

— dans le Prévost (capetchade 1a et 1b) la moyenne estimée de la classe A passe de 35,5 mm à 29,5 mm; celle de la classe B passe de 41 mm à 37,5 mm. Cette diminution observée entre le 26 mai et le 18 juin traduit un rajeunissement de la population, masqué en partie par la sélectivité de l'engin de pêche. De plus, il apparaît dans l'échantillon du

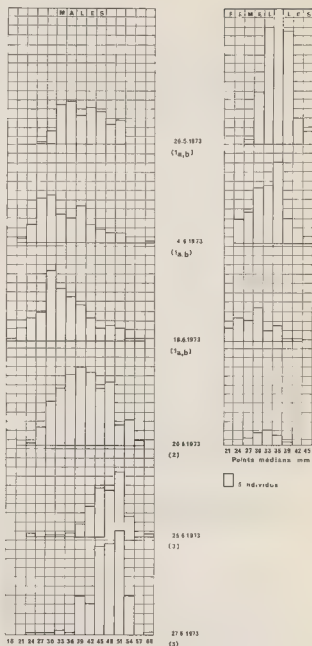


FIG. 4. — Repartition des tailles en fonction des localités (l'emplacement des capetchades est indiqué entre parenthèses; voir également la figure 1).

18 juin, une nouvelle classe C ($\mu = 48$ mm). On peut invoquer deux raisons : ou bien la croissance entraîne un décalage des moyennes vers les grandes tailles ou



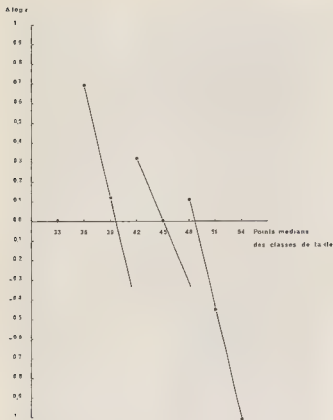


Fig. 5. — Résolution d'une distribution en composantes gaussiennes. Graphe des différences logarithmiques des fréquences des classes de taille (exemple tiré des observations cumulées du 25 et du 27/6/1973; voir également le tableau 3 et la figure 4).

bien un déplacement d'individus (mouvement de foule ?) appartenant à la classe C a provoqué leur entrée dans la pêcherie. La classe C, comme nous le

verrons ultérieurement, est bien représentée dans les zones proches de l'étang de l'Arnel et dans l'étang de l'Arnel lui-même.

— dans le Prévost (capetchade 2), près de sa communication avec l'Arnel, la classe A est absente mais on retrouve les classes B ($\mu = 37$ mm) et C ($\mu = 47$ mm). D'autre part, on observe une classe supplémentaire D ($\mu = 52,5$ mm).

— dans l'Arnel (capetchade 3), la population mâle à sensiblement la même structure que celle de la population mâle du Prévost observée au niveau de la capetchade 2.

En résumé, à mesure que l'on s'éloigne de l'angle N-E du Prévost pour se rapprocher de l'Arnel, l'importance des classes âgées se fait sentir dans la fraction pêchée de la population. Cette partie du Prévost où règnent des conditions particulières (GUELORGET et MICHEL) : salinité toujours supérieure à 30 ‰, présence de *Cardium glaucum* en plein hiver, sédiment sablo-vaseux présentant une couverture macrophytique pauvre, constitue une aire de concentration privilégiée de jeunes daurades (*Sparus auratus*). Ne serait-elle pas aussi une aire de distribution particulière de classes jeunes de *Carcinus* ?

b) Pour assigner un âge absolu aux classes d'âges observées, il nous faut connaître l'époque d'éclosion des œufs. D'après VEILLET, 1945, à Sète, les pontes s'étalent de mi-novembre à janvier. Les éclosions ont lieu dès janvier et s'achèvent vers fin mars. Ceci nous conduirait à attribuer l'âge 0+ à la classe A, 1+ à la

TABLEAU 3
Séparation des classes d'âge

Classes d'âges			A				B				C				D			
Origine de l'échantillon	Date	N	$\bar{u}$, mm	σ	N calculé	%	$\bar{u}$, mm	σ	N calculé	%	$\bar{u}$, mm	σ	N calculé	%	$\bar{u}$, mm	σ	N calculé	%
Capetchade 1 a et b	26.5.73	90	35,5	3,55	42	45,94	41	4,48	48	54,05	48							
	4.6.73	107	29,5	4,42	76	70,96	41	3,73	31	29,03								
	18.6.73	128	30,5	2,57	57	44,37	37,5	4,76	52	40,62	48	4,82	19	15,00				
Capetchade 2	20.6.73	200					37	5,52	110	54,80	47	2,82	63	31,73	52,5	2,28	27	13,46
Capetchade 3	(*) 6.73	252					41	2,48	40	15,77	46,5	3,37	114	45,18	50,5	2,81	98	39,03

(*) Cumul des observations du 25 et du 27 Juin 1973

TABLEAU 4
Structures des populations de *Carcinus*

Nomenclature des classes d'âges	O ⁺	I ⁺	II ⁺	III ⁺
<i>Étang du Prevost</i> (1) Classes d'âges observées	A	B	C	D
LC moyenne δ en mm (cf tableau 3)	29,5 35,5	37 - 41	46,5 - 48	50,5 - 52,5
<i>Étang de Thau</i> (1) Veillet (1945) - Age :	Ecllosion . janvier à mars	1 ^{er} hiver	2 ^{ème} hiver	3 ^{ème} hiver...
Longueur du cephalothorax en mm		35 φ soit 36-37 en LC	47 σ soit 47-48 en LC	
<i>Mer du Nord</i> (2) Broekhuysen 1936 Classes d'âges observées	I	II	III	IV
LC moyenne σ en mm	36	42	48	56

(1) *Carcinus mediterraneus*

(2) *Carcinus maenas*

classe B, II⁺ à la classe C, etc. suivant la nomenclature utilisée en ichthyologie.

Le tableau 4 résume la structure des populations observées par BROEKHUYSED, 1936, VEILLET, 1945, et par nous-mêmes.

La similitude de nos observations avec celles de BROEKHUYSEN se dégage d'emblée du moins jusqu'à la classe II⁺. Leur comparaison avec celles de VEILLET semble moins évidente; elle nécessite en effet une double correction : dans l'échelle de temps, car l'auteur s'exprime en âge absolu, et dans la dimension de référence (longueur céphalothoracique). Cette dernière peut-être effectuée rapidement à partir des relations d'allométrie (DEMEUSY, 1955, p. 470) entre la largeur Y (dimension que nous avons adoptée) et la longueur X (dimension adoptée par VEILLET) du céphalothorax des crabes de Sète.

$$\delta \quad Y = 1,013 X + 0,077$$

$$\varphi \quad Y = 1,018 X + 0,072$$

Sachant en outre que deux classes d'âge sont séparées par un hiver, nous pouvons remarquer en définitive que nos observations sont en accord avec celles de VEILLET.

Néanmoins, sur la base des mortalités observées en juin, ce dernier auteur estime à 2 ans la longévité de la population mâle de l'étang de Thau, ce qui revient à dire qu'elle serait composée de trois classes d'âges et non de quatre comme nous l'avions trouvé à la suite de BROEKHUYSEN.

V. — RELATION TAILLE-POIDS

La relation taille-poids permet d'estimer, en faisant appel aux droites de régression, le poids moyen le plus probable à partir de la valeur individuelle des tailles.

On obtient ainsi, à partir de 411 couples d'observations, la relation suivante pour les mâles :

$$W = 0,1918 L^{3,16} \quad (2)$$

soit en logarithmes

$$\log W = \log 0,1918 + 3,16 \log L \quad (2 \text{ bis})$$

L'exposant $3,16 \pm 0,07$ (relation 2) diffère significativement de 3 au seuil de 1 %.

Chez les femelles, à partir de 249 couples d'observations, la relation est :

$$W = 0,1814 L^{3,08} \quad (3)$$

soit en logarithmes

$$\log W = \log 0,1814 + 3,09 \log L \quad (3 \text{ bis})$$

dans laquelle l'exposant $3,08 \pm 0,17$ (relation 3) ne diffère pas significativement de 3.

La représentation graphique (fig. 6) en coordonnées cartésiennes montre qu'à taille égale, les mâles accusent une supériorité pondérale par rapport aux femelles. En outre, la comparaison des pentes des droites $\log W = f(\log L)$ par le test t

$$t = p_1 - p_2 / \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} = 0,9$$

p_1 et p_2 étant les pentes des droites comparées et σ_1 et σ_2 leurs variances) ne montre pas de différence significative entre elles.

VI. — ESTIMATION DU STOCK ET DE LA BIOMASSE

Les évaluations numériques du stock total (mâles et femelles) de l'aire délimitée par l'angle N-E du Prévost (fig. 1) nous conduisent aux chiffres suivants (tableau 5).

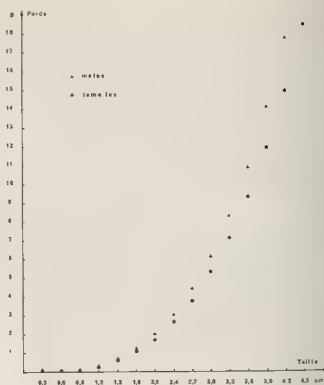


Fig. 6. — Relation taille-poids

Plusieurs remarques s'imposent :

— les ordres de grandeurs obtenus se séparent visiblement en deux groupes. Le premier englobe les

TABEAU 5

*Estimation du stock et de la biomasse de Carcinus (mâles + femelles)
entre le 26 mai 1973 et le 29 juin 1973, décomposée en 6 périodes*

Superficie échantillonnée : 20 hectares

N : effectif observé

Ø : survie

E.S. (N) : écart standard de N

E.S. (Ø) : écart standard de Ø

Période	N	E.S. (N)	Ø	E.S. (Ø)	Biomasse observée		
					Total (tonnes)	Biomasse/ha (kg/ha)	Biomasse moy (kg/ha)
1							
2	294 520	394 915	0,64	1,05	3,2	160	
3	300 384	452 959	0,19	0,24	3,3	165	178,3
4	382 893	561 492	0,55	0,61	4,2	210	
5	190 411	249 209	0,54	0,80	2,1	105	
6	198 696	257 399			2,2	110	107,5

périodes 2, 3 et 4 et les estimations s'inscrivent entre 294 520 et 382 892 individus. Le second groupe correspond aux estimations des périodes 5 et 6; elles sont respectivement de 190 411 et 198 695 individus. L'explication est d'ordre pratique : après la période 4, nous avons été conduits, pour des raisons matérielles, à relâcher les animaux marqués relativement plus près des filets. Il s'en suit que l'aire d'échantillonnage s'est trouvée réduite, et par conséquent, le stock sous estimé.

— l'erreur standard de N traduit un intervalle de confiance large; pour le ramener dans des proportions acceptables, il faudrait, sur le plan de l'échantillonnage, augmenter le nombre d'individus marqués en même temps que celui d'individus recapturés — ce qui revient à concevoir un accroissement de l'effort de pêche.

— parallèlement, la superficie échantillonnée demanderait à être redéfinie puis réduite.

— enfin, sachant que le poids moyen d'un individu est de 11,10 grammes (évalué sur l'ensemble des données sans distinction de sexe), nous pouvons calculer la biomasse correspondante (effectif par poids moyen) à chaque période, et en déduire la biomasse moyenne par hectare. Celle-ci fait l'objet de deux évaluations séparées en raison de la réduction accidentelle de l'aire échantillonnée, d'une quantité inconnue, après la période 4.

VII. — RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

La topographie et la vocation de l'étang du Prévost ont suscité la mise en œuvre d'un essai d'estimation de stock appliqué aux crustacés. Notre attention a été naturellement attirée par les populations de crabe vert *Carcinus mediterraneus* qui constitue un matériel de choix pour éprouver certains aspects méthodologiques. Quelques observations d'ordre général ont également été dégagées.

Les filets pièges (capetchades) utilisés couvrent une aire d'échantillonnage importante (20 hectares environ). Leur rendement à l'époque du sondage (fin du printemps) et la manutention qu'ils exigent font

que nous devons leur préférer un engin mieux adapté (casier par exemple), tout en restreignant la surface échantillonnée

Les données ont été développées dans trois directions :

a) le calcul des relations taille-poids permet le passage rapide des dimensions linéaires aux poids — d'où l'emploi de la méthode des moindres carrés pour calculer la droite d'ajustement.

b) la séparation des classes d'âges par la méthode des différences logarithmiques conduit aux mêmes résultats que les méthodes plus connues basées sur des anamorphoses linéaires. La différence réside dans sa résolution qui demande moins de tâtonnements.

c) enfin, malgré des difficultés propre au matériel étudié (exuviations, déplacements importants, migrations...) l'estimation de stock de crustacés par marquages et recaptures semble prometteuse. Elle exige encore de nombreuses mises au point et l'aspect expérimental (évaluations des taux de perte de marques et du taux de mortalité par marquage) reste totalement à considérer.

Indépendamment des problèmes de fonds examinés dans ce travail, nous soulignerons que la biomasse de *Carcinus mediterraneus* dans les étangs languedociens représente une part importante de la nourriture consommée par l'ichtyofaune exploitée (loups, anguilles) et, plus généralement, une source de nourriture indirectement exploitable non négligeable qu'il nous paraissait utile de chiffrer.

BIBLIOGRAPHIE

- ABRAMSON (N.J.), 1971. — Computer programs for fish stock assessment. *F.A.O. Fish. tech. Pap.*, n° 101.
- AMANIEU (M.) et LASSERRE (G.), 1973. — Stock et biomasse en 1972 des daurades O⁺ (*Sparus auratus* L.) de l'étang du Prévost à Palavas (Hérault-France). *Bull. Ecol.*, 4 (2) : 132-143.
- ATKINSON (R.J.A.) et PARSONS (A.J.), 1973. — Seasonal patterns of migration and locomotor rhythmicity in populations of *Carcinus*. *Netherlands J. Sea Res.*, 7 : 81-93.

- BHATTACHARYA (C.G.), 1967. — A simple method of resolution of a distribution into gaussian components. *Biometrics*, **23** : 115-135.
- BENECH (V.), 1972. — Le polyvoltinisme chez *Baetis rhodani* PICTET (Insecta, Ephemeroptera) dans un ruisseau à truites des Pyrénées Atlantiques, le Lissuraga. *Ann. Hydrobiol.*, **3** (2) : 141-171.
- BROEKHUYSEN (G.J.), 1936. — On development, growth and distribution of *Carcinides moenas* (L.). *Arch. Neerl. Zool.*, t II, 149 p., 4 pl.
- CASSIE (R.M.), 1954. — Some uses of probability paper in the analysis of size frequency distributions. *Austr. Jour. Mar. Fresh. Res.*, **5** : 513-522.
- DEMEUSY (N.), 1958. — Recherches sur la mue de puberté du décapode brachyoure *Carcinus moenas* (L.). *Arch. Zool. Exp. Gén.*, **95** (3) : 253-491.
- EDWARDS (R.L.), 1958. — Movements of individual members in a population of the shore crab, *Carcinus moenas* (L.) in the littoral zone. *J. Anim. Ecol.*, **27** : 37-45.
- GUELorget (O.) et MICHEL (P.), 1973. — Introduction à l'étude de la macrofaune benthique d'une lagune saumâtre du Languedoc : étang du Prévost. D.E.A. Univ. Sci. Techn. Languedoc, Montpellier, 82 p., 6 pl.
- HARDING (J.P.), 1949. — The use of probability paper for the graphical analysis of polymodal frequency distributions. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **28** : 141-153.
- JOLLY (G.M.), 1965. — Explicite estimates from recapture data with both death and immigration stochastic model. *Biometrika*, **52** (1-2) : 225-247.
- LAURENT (M.) et MOREAU (G.), 1973. — Influence des facteurs écologiques sur le coefficient de condition d'un téléostéen (*Cottus gobio* L.). *Ann. Hydrobiol.* (sous presse)
- LEFORT (G.), 1967. — Mathématiques pour les sciences biologiques et agronomiques. Armand COLIN, Paris, 679 p.
- MASSON (J.P.), 1970. — Estimation des paramètres d'un mélange de distributions gaussiennes. Station de Biométrie du C.N.R.F. Document 70/3.
- NAYLOR (E.), 1962. — Seasonal changes in a population of *Carcinus moenas* (L.) in the littoral zone. *J. Anim. Ecol.*, **31** : 601-609.
- TAKANA (S.), 1962. — A method of analysing a polymodal frequency distribution and its application to the length distribution of the porgy, *Taenidia tumifrons* (T. & S.). *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **19** (6) : 1143-1159.
- VEILLET (A.), 1945. — Recherches sur le parasitisme des crabes et des galathées par les rhizocéphales et les épicarides. *Ann. Inst. Océan. Monaco*, **22** : 193-341.

ERRATA

Article de T. DO CHI et G. LASSERRE. — Structure de population, relations taille-poids et estimation du stock de crabes verts *Carcinus mediterraneus* dans un étang du littoral languedocien. *Bull. Ecol.*, t. 5, 2 : 91-104.

Les auteurs n'ayant pas eu à corriger les épreuves typographiques de cette note, il leur a paru nécessaire de publier cette liste d'errata en l'absence desquels la lecture semble peu compréhensible.

P. 95, 2^e colonne, 4^e ligne, lire marqués

P. 96, 1^{re} colonne, 21^e ligne, lire BHATTACHARYA

P. 96, 1^{re} colonne, 36^e ligne, lire régions

P. 96, 2^e colonne, 7^e ligne, lire âges

P. 96, 2^e colonne, 12, 13, 18, 19^e ligne, lire $\hat{\mu}_r$ et $\hat{\sigma}_r^2$

P. 96, 2^e col., supprimer les lignes 24 à 29

P. 96, 2^e colonne, avant-dernière ligne, lire $z(x_{r+h})$ et x_{r+h}

P. 97, 1^{re} colonne, lire :

$$N_r = \frac{z(x_r) + z(x_{r+h})}{P(x_r) + P(x_{r+h})}$$

$$\text{avec } P(x_r) + P(x_{r+h}) = \Pi \left(\frac{x_r + \frac{3h}{2} - \mu_r}{\sigma_r} \right) - \Pi \left(\frac{x_r - \frac{h}{2} - \mu_r}{\sigma_r} \right)$$

P.97, 2^e colonne, 8^e ligne, lire recaptures

P. 97, tableau 1, voir ci-dessous

P. 98, 1^{re} colonne, 25^e ligne, ajouter a) Estimation de l'effectif M_i :

P. 98, 2^e colonne, après la 5^e ligne, ajouter b) Estimation numérique du stock N_i :

P. 98, 2^e colonne, après la 10^e ligne, ajouter c) Survie :

P. 98, 2^e colonne, 21^e ligne, lire $\emptyset_i$ au lieu de Θ_i

P. 98, 2^e colonne, après la 21^e ligne, lire .. d) Variation numérique du stock :

P. 99, tableau 2, voir ci-dessous

P. 100, tableau 3, en légende, lire âges

P. 101, 1^{re} colonne, 4^e ligne, lire BROEKHUYSEN

- P. 101, 1^{re} colonne, 20^e ligne, lire âges
 P. 103, 2^e colonne, 15^e ligne, lire propres
 P. 104, 1^{re} colonne, 13^e ligne, lire Freshw.

TABLEAU 1
 Méthode de Jolly.

Résumé des opérations de marquages et recaptures.

Période i	n_i	S_i	Recaptures (le chiffre entouré est la période de marquage des recaptures)			
1	n_1	S_1	①			
2	n_2	S_2	m_{12}	②		
3	n_3	S_3	m_{13}	m_{23}	③	
4	n_4	S_4	m_4		④	
5	n_5	S_5	Z_4		R_4	⑤
6	n_6	S_6				m_{56}
n	n_n					m_{5n} m_{6n}

TABLEAU 2
 Sex-ratio.

Lieu	Date 1973	Effectif observé		Sex-ratio
		Mâles	Femelles	
Étang du Prévoit	26 Mai	90	170	0,3461
	29 Mai	26	27	0,4905
	4 Juin	107	117	0,4841
	18 Juin	129	53	0,7087
	20 Juin	205	19	0,9151
Étang de l'Arnel	25 Juin	96	3	0,9656
	27 Juin	163	6	0,9644



STRUCTURE ET DYNAMIQUE DES POPULATIONS NATURELLES DU LÉZARD *MABUYA BUETTNERI* DANS LA SAVANE DE LAMTO (CÔTE D'IVOIRE)

par R. BARBAULT

Laboratoire de Zoologie,
École Normale Supérieure
46, rue d'Ulm, 75005 Paris

RÉSUMÉ

Les populations naturelles du scincidé *Mabuya buettneri* Matschie ont été étudiées dans la savane préforestière de Lamto, en Côte d'Ivoire (6° 13' N; 5° 02' W), de juillet 1964 à novembre 1968. La densité de ces populations a été déterminée chaque mois à partir de ramassages exhaustifs sur quadrats de 900 m² (description dans BARBAULT, 1974 a). Plus de 2 000 Lézards ont ainsi été récoltés puis mesurés et pesés. Les ovaires et oviductes des femelles ont été examinés. L'ensemble des données ainsi recueillies, complété par de nombreuses observations en élevage, a permis une analyse démographique précise des populations naturelles de *M. buettneri*. Les effets du feu de brousse périodique sur le cycle saisonnier d'abondance et la dynamique de ces populations ont été particulièrement étudiés.

Les populations naturelles du scincidé *Mabuya buettneri* Matschie ont été étudiées dans la savane préforestière de Lamto, en Côte d'Ivoire (6° 13' N; 5° 02' W), de juillet 1974 à novembre 1968. La densité de ces populations a été déterminée chaque mois à partir de ramassages exhaustifs sur quadrats de 900 m² (description dans BARBAULT, 1974a). Plus

ABSTRACT

For five consecutive years the densities of the skink *Mabuya buettneri* were determined monthly in several savannas of Lamto (Ivory Coast) by means of a method of exhaustive collection. More than 2000 skinks were caught, measured and weighted. Ovaries and oviducts of females were observed. From these data, the rates of growth, the breeding cycle, the reproductive potential and the dynamics of natural populations were described. The effects of bush fire on annual cycle of numbers were particularly studied

de 2 000 Lézards ont ainsi été récoltés puis mesurés et pesés. Les ovaires et oviductes des femelles ont été examinés. L'ensemble des données ainsi recueillies, complété par de nombreuses observations en élevage, a permis une analyse démographique précise des populations naturelles de *M. buettneri*. Les effets du feu de brousse périodique sur le cycle saisonnier

d'abondance et la dynamique de ces populations ont été particulièrement étudiés.

1. — LE MILIEU

Une présentation détaillée du milieu a déjà été publiée (BARBAULT, 1974 a) et l'on se bornera à en rappeler ici les points essentiels pour la compréhension de ce travail.

La savane de Lamto est une savane de lisière qui s'encastre dans la forêt humide de Basse Côte d'Ivoire et que morcellent de nombreuses remontées forestières. Chaque année en saison sèche le tapis herbeux épais qui la recouvre brûle dans sa majeure partie, en janvier le plus souvent. Il est important de souligner que les *Mabuya buettneri*, strictement inféodés à la strate herbacée, ne pénètrent jamais dans les formations forestières.

Le climat de la région, de type tropical humide, est caractérisé par l'alternance d'une saison sèche (décembre-mars) et d'une saison humide (avril-novembre): D'importantes fluctuations annuelles sont observées, qui affectent aussi bien le volume total des précipitations annuelles (1 137 mm en 1964, 1 078 mm en 1965, 1 558 mm en 1966, 958 mm en 1967 et 1 688 mm en 1968) que leur distribution saisonnière. Au contraire des pluies, les températures, toujours élevées, sont assez constantes avec des minima mensuels moyens à 25 °C et des maxima mensuels moyens à 35 °C.

2. — LA CROISSANCE

Le petit nombre de recaptures obtenues à l'occasion des piégeages ne peut guère donner qu'une première indication générale sur le taux moyen de croissance de l'espèce: six seulement en effet sont utilisables à cette fin, les autres se situant peu de temps après la date de marquage (tabl. 1). D'après ces résultats, le taux instantané de croissance est de

TABEAU I

Quelques données sur le taux de croissance staturale (longueur du museau à la fente cloacale) chez *M. buettneri* (d'après les résultats de piégeage)

		Longueur du corps à t_1 et t_2 en mm	Intervalle $t_2 - t_1$ en jours	Taux de croissance journalière (mm)
1	♀	39 → 50	49	0,22
	♀	47 → 56	42	0,21
	Juveniles	35 → 45	43	0,23
	♀	50 → 59	35	0,25
2	♀	69 → 73	18	0,22
	♂	68 → 68	3	
	Subadultes	80 → 80	5	
	ou	71 → 71	5	
Adultes	♀	66 → 71	23	0,21
	♂	63 → 63	15	0

l'ordre de 0,20 à 0,25 mm/jour pour les individus juvéniles.

On dispose heureusement d'un autre moyen pour calculer la croissance moyenne de *Mabuya buettneri* dans son milieu naturel. Les jeunes éclosent en effet durant un intervalle de temps bien délimité, entre la mi-mars et la mi-mai, de telle sorte qu'il est aisé de déterminer, au mois près, l'âge moyen d'un échantillon de population en fonction de la date du prélèvement. Pour accroître la précision des résultats, on opère à partir de regroupements semi-mensuels, de façon que les résultats ne soient tributaires ni des aléas de la distribution temporelle des relevés — comme cela pourrait se produire avec des regroupements mensuels —, ni d'écarts fortuits — comme cela serait le cas avec des échantillons trop petits. Après janvier, tandis que les Lézards deviennent rares, puis disparaissent en savane brûlée, on a utilisé les récoltes effectuées dans des parcelles mal ou non incendiées, ainsi que dans les savanes non brûlées (fig. 1).

Les taux journaliers de croissance mesurés entre mars et avril, puis entre avril et mai, sont des estimations par défaut (tabl. II). En effet, les jeunes qui éclosent encore à cette époque contribuent à diminuer l'écart entre les moyennes de taille et le taux instantané moyen de croissance est probablement

TABLEAU II

Taux moyens de croissance staturale en mm/jour des *M. buettneri* mâles et femelles dans les populations naturelles de savane brûlée

	Mars à Avril	Avril à Mai	Mai à Juin	Juin à Juil.	Juil. à Août	Août à Sept.	Sept. à Oct.	Oct à Nov.	Nov. à Déc.	Après Déc.
Age en mois	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	
Mâles	0,28	0,23	0,23	0,20	0,19	0,14	0,09	0,07	0,03	0
Femelles	0,26	0,30	0,24	0,20	0,25	0,17	0,27	0,17	0,04	0

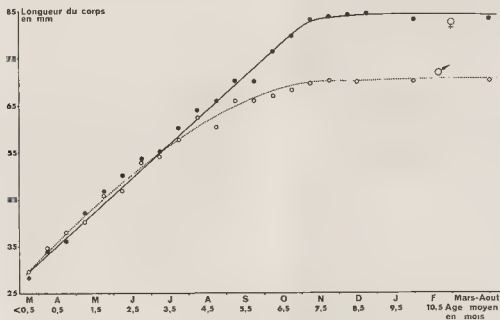


FIG 1. — Evolution annuelle de la taille moyenne des mâles et des femelles de *Mabuya buettneri*.

supérieur à 0,30 mm/jour au cours des deux premiers mois de vie comme on l'observe en élevage; il décroît progressivement ensuite puisqu'il est en moyenne de 0,20 à 0,25 mm par jour pendant la phase de vie juvénile, compris entre 0,20 et 0,03 mm pendant la phase de vie subadulte, et devient nul peu après la maturité sexuelle vers un âge moyen de 10 mois. Le taux de croissance des femelles diminue plus lentement et plus tardivement que celui des mâles, qui est sensiblement une fonction linéaire du temps.

3. — LA REPRODUCTION

La reproduction est, chez *Mabuya buettneri*, un phénomène très rigoureusement saisonnier. Les femelles atteignent leur pleine maturité sexuelle, marquée par le début de la vitellogenèse folliculaire, entre la mi-octobre et la mi-novembre — c'est-à-dire à la fin de la saison humide —, quand leur taille est en moyenne de 80 mm (du museau à la fente cloacale). Le taux de gravité, rapport (en %) du nombre

des femelles qui présentent des œufs dans les ovicules ou des follicules en vitellogénèse au nombre total de femelles adultes capturées chaque mois, nul jusqu'en septembre inclus, atteint alors 64,2 % en octobre puis 94,3 % en novembre (tabl. III). Les pontes sont déposées en novembre et décembre, parfois encore en janvier, mois où le taux de gravité est de 31,2 %.

TABLEAU III

Variations saisonnières du taux de gravité des femelles de Mabuya buettneri

	Mars - Sept.	Nov. Déc.				Fév. Août* (Vieux Lézards)
Nombre de femelles	Population immature	67	87	38	17	15
Nombre de femelles "gravides"	0	43	82	31	5	0
Taux de gravité en %	0	64,2	94,3	80,5	31,2	0

* parcelles non brûlées

Les pontes renferment de 5 à 13 œufs, le nombre moyen étant 8,44 (tabl. IV). Les résultats obtenus sont identiques quelle que soit la méthode utilisée : 8,47 par dénombrement des œufs effectivement pondus ; 8,41 par comptage sur des femelles disséquées.

On remarque que la fécondité moyenne s'accroît sensiblement avec la taille des femelles : égale à 7,60

œufs dans le groupe des individus longs de 80 mm au plus, elle atteint 9,17 œufs chez les femelles qui mesurent 85 mm et davantage (tabl. V)

TABLEAU V

Variations de l'importance des pontes en fonction de la taille des femelles chez Mabuya buettneri

		Importance de la ponte (nombre d'œufs)										Nombre total des cas	Importance moyenne des pontes
Nombre de cas observés	Petites (≤ 80 mm)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	0	30	7,60
	Moyennes (81 - 84)	1	3	6	16	10	5	2	0	0	0	43	8,25
	Grandes (≥ 85 mm)	0	5	3	7	10	9	7	3	1	0	45	9,17

Les premières pontes de l'année se produisent au début de novembre et la plupart des femelles ont pu pondre une première fois au cours de ce mois. Le taux de gravité encore élevé que l'on note en décembre (80,5 %) indique que les femelles survivantes pourront déposer une seconde ponte dans le courant de décembre ou de janvier, ce qui se produit en élevage après un intervalle moyen de 32 jours, sans même qu'intervienne un nouvel accouplement. La seconde ponte est, en moyenne, légèrement plus volumineuse que la première, avec 9,40 œufs au lieu de 8,16.

Les jeunes *Mabuya buettneri* commencent à éclore dans la seconde moitié de février, mais surtout en mars et avril. Puisque les pontes se produisent entre novembre et décembre, la durée moyenne de l'incubation est donc d'environ 4 mois. De fait, les pontes recueillies en élevage et transplantées en savane dans des conditions naturelles donnèrent le jour à des jeunes après 120 jours d'incubation en moyenne (109 à 142 jours). Quelques pontes conservées en savane non brûlée eurent une durée de développement sensiblement supérieure — entre 121 et 146 jours (moyenne 132) —, la température du sol (à — 10 cm) y étant légèrement plus basse que dans la savane privée de sa couverture herbacée.

TABLEAU IV

Nombre d'œufs par ponte chez Mabuya buettneri

Importance des pontes	Comptage des oeufs dans les femelles											Comptage des oeufs effective- ment pondus (élevage)										
	4*	5	6	7	8	9	10	11	12			5	6	7	8	9	10	11	12	13		
Nombre de cas	(2*)	2	6	14	17	16	11	7	1			1	3	7	15	8	5	2	2	1		
Nombre moyen d'oeufs par ponte	8,41											8,47										
	8,44																					

* Il s'agit selon toute vraisemblance de "pontes partielles" une partie des œufs ayant été déposée avant la capture, non considérées dans le calcul de la moyenne

4. — STRUCTURE DÉMOGRAPHIQUE ET DYNAMIQUE D'UNE « POPULATION MOYENNE »

Il est intéressant de définir un cycle saisonnier moyen des effectifs, d'une part pour traduire une situation *moyenne*, davantage caractéristique des « propriétés démographiques » de l'espèce, d'autre part pour éviter d'utiliser de trop petits échantillons, davantage tributaires de variations fortuites.

4.1. Définition d'un cycle saisonnier moyen d'abondance.

L'échantillonnage exécuté dans différentes savanes, en différentes années, ne couvre pas toujours de façon identique, ni dans sa totalité, l'étendue du cycle annuel. De plus, l'amplitude des fluctuations d'abondance d'une année à l'autre n'est pas toujours négligeable. On évitera donc de recourir à une simple addition des données, qui fournirait un schéma saisonnier sensiblement biaisé. Pour tourner la difficulté, la démarche adoptée consiste à fixer tout d'abord pour chaque année, à partir de chaque série de données, la densité maximale propre à chaque

type de savane. Puisque les jeunes *Mabuya buettneri* éclosent principalement aux mois de mars et d'avril, les plus tardifs en mai, la densité maximale de la population se présente donc toujours au mois de mai. Sa valeur peut être établie (ou réajustée) graphiquement à partir de l'ensemble des densités mensuelles obtenues dans la savane considérée. Les autres densités mensuelles, données par les relevés, peuvent alors être aisément transformées en pourcentages de la densité maximale de l'année. On établit ensuite, pour chaque mois, un pourcentage moyen qui permet de calculer l'abondance moyenne réelle à partir de la moyenne des densités maximale, laquelle, dans les savanes brûlées à *Hyparrhenia* considérées, est égale à 3 100 Lézards par 100 hectares (tabl. VI).

4.2. Structure par groupes d'âge.

L'analyse démographique par classes d'âge n'offre chez cette espèce aucune difficulté particulière. Chaque échantillon mensuel, en effet, renferme des individus sensiblement de même âge : l'effectif observé en mars rassemble des individus âgés de quelques jours à deux semaines; en avril, des individus ayant de 0 à 1 mois (moyenne 0,5); en mai, de 0 à 2 mois

TABLEAU VI
Cycle saisonnier moyen d'abondance de *Mabuya buettneri* en savane brûlée à *Hyparrhenia*
(1964-1967)

			Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Densité maximale pour 100 ha
1.	Savane peu boisée	1964			100,0			73,9	48,6	45,5	23,3	13,6		3 600
		1965	36,1	57,2	78,3	100,0	86,9	67,4	53,0					2 300
		1966			100,0		78,7	91,3	40,9	32,9	26,7	15,3	0	4 500
2.	Savane arbustive	1967	0	52,7	87,3	85,9	97,3				25,0			2 200
		1966			100,0			50,6			39,4	19,7	8,9	3 500
		1967	11,2	100,0	100,0	80,0	67,5	55,2	48,5	44,4	36,0	27,6		2 500
Moyenne des pourcentages			15,7	69,9	94,3	88,6	82,6	67,6	47,7	40,9	30,1	19,1	1,5	
Densité moyenne pour 100 ha			515	2 293	3 100	2 906	2 709	2 217	1 565	1 342	987	625	49	3 100 (mai)

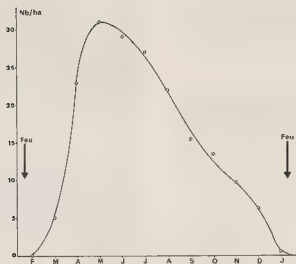


FIG. 2. — Cycle saisonnier moyen d'abondance de *Mabuya buettneri* en savane brûlée.

(moyenne 1,5); en juin, de 1 à 3 mois (moyenne 2,5)... et ainsi de suite.

La situation n'est guère différente en savane non brûlée, à ceci près qu'il survit encore de façon très sporadique, entre février et août, quelques Lézards âgés que l'on distingue aussitôt, par la taille, l'état des gonades et la présence de corps gras, des individus de la nouvelle génération. La lecture de la courbe qui exprime les variations d'abondance de l'espèce (fig. 2) constitue donc une approche directe de l'évolution saisonnière de la structure démographique des populations de *Mabuya buettneri*.

4.3. Taux de féminité et abondance des femelles.

Le taux de féminité global, calculé d'après le nombre total de *Mabuya buettneri* examinés (1925) est égal à 51,7 %. Le tableau VII traduit l'évolution saisonnière de ce taux de féminité. On voit que les femelles et les mâles sont en nombre sensiblement égal depuis le mois de mars jusqu'au mois d'octobre inclus; en novembre l'écart s'accroît en faveur des femelles (62,4 %), le taux de féminité plafonnant ensuite à une valeur moyenne de 75 % (1). Le fait remarquable est l'extrême rapi-

TABLEAU VII

Evolution saisonnière du taux de féminité dans les populations de *Mabuya buettneri*

	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan. + Fév.	Au-delà
Femelles	15	48	134	142	212	116	104	60	88	38	20	19
Mâles	19	52	131	159	218	99	110	62	53	12	7	7
Taux de féminité, %	44,11	48,00	50,56	47,17	49,30	53,95	48,59	49,18	62,41	76,00	74,07	73,07
Erreur standard	8,52	4,99	3,07	2,59	2,40	3,40	3,42	4,52	4,08	6,04	8,43	8,70

(1) Le taux de féminité est de 49,43 ($sm = 1,12$) de mars à octobre; il est de 74,75 ($sm = 4,28$) de décembre à août.

dité avec laquelle se produit l'accroissement de l'abondance relative des femelles au sein de la population âgée : la modification s'établit en l'intervalle d'un seul mois.

La littérature abonde en observations concernant la différence de mortalité entre les sexes chez les Lézards, le plus souvent dans le sens d'une *surmortalité masculine*, les femelles devenant donc relativement de plus en plus abondantes dans les catégories d'âge de plus en plus avancé. Mais ici la surmortalité des mâles ne se dessine nettement que pendant le seul mois de novembre. Il faut donc admettre l'existence d'un accroissement soudain de la mortalité des mâles après la reproduction, la sénescence s'ajoutant en quelque sorte aux habituels facteurs de mortalité ou majorant leur effet — les mâles épuisés étant, par exemple, davantage victimes des prédateurs que les femelles encore agiles à cette époque. Cette hypothèse est étayée par l'accroissement similaire de la mortalité des femelles à partir de novembre ou décembre, juste après la ponte, qui est, à bien des égards, une opération épuisante. BOURGAT (1969) signale un fait analogue chez *Chameleo pardalis* de Madagascar.

A partir des taux de féminité et des densités mensuelles de la population totale (tabl. VI), on calcule l'abondance moyenne des femelles tout au long du cycle annuel (tabl. VIII).

TABLEAU VIII

Cycle saisonnier moyen d'abondance des femelles de *Mabuya buettneri* en savane brûlée

♀	Mars	Avril	Mai	Juin	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.
Nombre pour 100 ha	257	1 146	1 550	1 354	1 108	782	671	622	469	37

4.4. La fécondité.

Les femelles de *Mabuya buettneri* produisent deux pontes consécutives, qui comprennent en moyenne 8,16 œufs pour la première et 9,40 pour la seconde. Leur densité peut être déterminée comme suit.

Il vit en moyenne 622 femelles sur 100 ha de savane au mois de novembre; certaines d'entre elles (5,7 %) ont déjà pondu, comme le confirme l'état distendu de leurs oviductes; les autres (94,3 %) renferment des follicules ovariens en cours de vitellogénèse, ou des œufs dans les oviductes. On peut donc estimer qu'en novembre le nombre des pontes est peu différent de celui des femelles, soit de 622/ha, ce qui représente une production de 5 076 œufs.

Une seconde ponte est possible un mois environ après la première, c'est-à-dire en décembre ou janvier, le feu survenant ensuite. La densité des femelles sur 100 ha est alors de 469 en décembre, dont 378 gravides, et 37 en janvier, dont 12 gravides. La mortalité étant élevée (seules 37 femelles survivent en janvier), une partie seulement de la population fertile de décembre (378/100 ha) pourra pondre effectivement : soit, si la mortalité entre décembre et janvier est une fonction linéaire du temps, la demi-somme des effectifs moyens de décembre et de janvier : $378 + 37/2 = 207$. Ces 207 pontes rassemblent 1 950 œufs. Une fraction — la plus grande — des 91 femelles « vides » observées en décembre vient de déposer sa première ponte et l'autre fraction sa seconde ponte. Quelques rares femelles du premier groupe parviendront encore à mener à terme une deuxième ponte. Au total, c'est un tiers approximativement de la sous-population considérée qui contribuera à accroître la production d'œufs par une seconde ponte de décembre ou de janvier, soit d'environ 282 œufs.

Au total, la production d'œufs correspondant à la seconde ponte est donc de 2 232/100 ha et la fécondité totale par 100 ha de savane brûlée est en moyenne de $5 076 + 2 232 = 7 308$ œufs. Une telle production rapportée au nombre moyen de femelles adultes vivant en novembre et décembre (545/100 ha), période de reproduction, donne le taux moyen de fécondité de l'espèce, soit 13,4 œufs par femelle (une ponte et demi).

4.5. Les taux de mortalité.

Entre la période des pontes et le mois de mai suivant où la population renferme sur 100 ha 3 100

jeunes Lézards âgés de 0 à 2 mois (l'âge moyen du groupe est estimé à 1,5 mois) le taux de mortalité est en moyenne, pour les savanes brûlées, de 57,6 %, mais on verra qu'il est très variable selon les années.

On peut essayer de distinguer la part qui est imputable à la *mortalité prénatale* — c'est-à-dire ce qui correspond aux œufs stériles, abîmés ou détruits avant l'éclosion, et celle qui correspond à la *mortalité juvénile entre 0 et 1,5 mois*. Dans ce but, 67 œufs ont été maintenus dans le sol de la savane — dans des conditions que l'on peut considérer comme naturelles. Parmi eux, 17 furent détruits, ce qui représente 25,2 % de l'effectif « expérimental ». En « élevage fermé », on observe un taux de destruction inférieur : 15,3 % (19/124), ce qui, en première approximation, pourrait permettre de faire la part de la mortalité causée par des agents microscopiques ou intrinsèques à l'œuf (15 % des œufs), et celle de la mortalité provoquée par d'autres facteurs, tel que la prédation (10 % des œufs). Les œufs soumis à diverses conditions expérimentales montrent à l'égard des facteurs physiques une grande tolérance. Pratiquement, leur déshydratation irréversible ne se produit qu'après un séjour de plusieurs jours dans un sol contenant moins de 2 % d'eau, et seulement dans les deux premiers mois de leur développement. Les œufs de *Mabuya buettneri* sont encore capables d'achever leur complet développement — sans l'accroissement de poids habituel il est vrai (1) — lorsque celui-ci se déroule dans une terre ne renfermant que 3 % d'eau. A l'opposé, une teneur en eau excessive (plus de 15 %) est préjudiciable à la survie de l'œuf qui se couvre rapidement de moisissures et périt.

A partir du mois de mai, où se produisent les dernières éclosions, la mortalité est le seul facteur qui modifie la densité des populations de *Mabuya buettneri* (2). Si l'on admet que le taux de mortalité prénatale est bien, comme nous l'avons vu, de l'ordre de 25 %, on peut construire aisément la

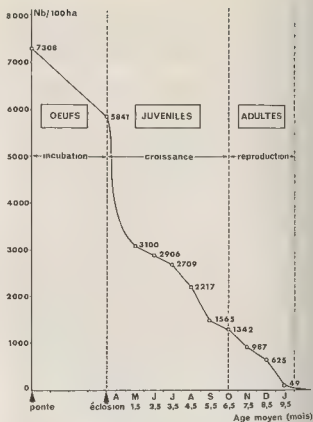


FIG. 3. — Courbe de survie du Lézard *Mabuya buettneri* en savane brûlée.

courbe de survie de *Mabuya buettneri* (fig. 3) depuis la ponte jusqu'à la disparition des derniers individus. Le taux de survie à la maturité sexuelle (âge moyen de 6,5 mois) est de 23 % (18,3 % des œufs pondus). Il est identique dans les deux sexes, la surmortalité masculine ne se faisant sentir que le mois suivant (novembre). Les courbes de survie des mâles et des femelles font en effet apparaître une mortalité soudainement accrue des premiers en octobre et novembre (fig. 4), mortalité qui augmente dans une certaine mesure le taux de survie des secondes, car les femelles encourent d'autant moins le risque d'être victimes des prédateurs que les mâles, affaiblis à la même époque, sont

(1) Les œufs pèsent en moyenne 0,39 g à la ponte et atteignent normalement 0,80 à 0,90 g peu avant l'éclosion.

(2) Les phénomènes d'émigration et d'immigration, toujours envasageables, n'ont qu'une incidence locale et doivent être négligés au niveau général (population moyenne) où nous nous plaçons ici.

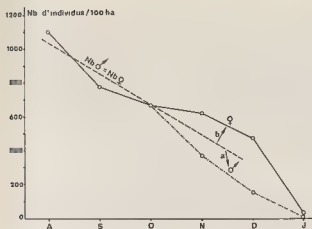


FIG. 4. — Surmortalité masculine et diminution concomitante de la mortalité féminine chez *Mabuya buettneri*. On voit que la surmortalité masculine provient d'une part d'un accroissement du taux de mortalité des mâles (a) et d'autre part d'une diminution réelle (et pas seulement relative) du taux de mortalité des femelles (b), celui-là contribuant sans doute à promouvoir celle-ci.

TABLEAU IX

Espérance de vie des *Mabuya buettneri* adultes
en savane brûlée
(c'est-à-dire à partir d'octobre, « âge zéro »)

Nombre d'adultes pour 100 ha en octobre		671 ♀		671 ♂	
Intervalle d'âge à compter d'octobre = 0	Age moyen au décès (mois)	Nombre de décès	Espérance de vie (mois)	Nombre de décès	Espérance de vie (mois)
0 à 1 mois	0,5	49		306	
1 à 2 mois	1,5	153	2,2 mois	209	1,3 mois
2 à 3 mois	2,5	433		144	
peu après 3 mois	3,5	37		12	

des proies plus accessibles. De fait, entre août et octobre, le taux mensuel moyen de mortalité, identique dans les deux sexes, est égal à 19,7 % ; or il passe, de octobre à novembre, à 45,7 % chez les mâles tandis que dans le même temps il tombe à 7,4 % chez les femelles (fig. 4). En élevage, c'est-à-dire à l'abri des prédateurs, les *M. buettneri* mâles subissent à la même époque un accroissement similaire de mortalité et la plupart périssent après avoir présenté durant plusieurs jours des signes

évidents de sénescence. Le phénomène se produira un mois plus tard chez les femelles, ce qui confirme les hypothèses formulées plus haut.

On soulignera enfin la brièveté de la vie des adultes : *Mabuya buettneri* atteint la maturité dans le courant d'octobre, à l'âge de 6 mois et demi. Or en savane brûlée il ne dépasse pas l'âge de 10 mois. En octobre, c'est-à-dire à partir de l'âge adulte, l'espérance moyenne de vie des femelles est de 2,2 mois, celle des mâles de 1,3 mois (tabl. IX).

5. — EFFETS DU FEU SUR LA STRUCTURE ET LA DYNAMIQUE DES POPULATIONS

En savane brûlée, la densité des populations est en moyenne moitié moindre qu'en savane non brûlée et, après l'incendie, l'espèce ne se rencontre plus du tout dans toute l'étendue dévastée (BARBAULT, 1974 a). Ces deux faits témoignent d'un effet certain du feu sur les populations de *M. buettneri* et notre propos sera d'en démêler les modalités et les limites, à la lumière des résultats fournis par l'étude de la reproduction et de la structure démographique.

5.1. Devenir des Lézards au moment de l'incendie.

En janvier 1967, la densité moyenne du peuplement était, avant le passage du feu, de 0,3 par ha ; après l'incendie de la savane elle tombait à 0,05. Encore le seul individu récolté sur près de 18 ha évoluait-il (de bon matin) à une trentaine de mètres d'une zone non brûlée d'où il provenait très vraisemblablement. La situation fut sensiblement identique l'année suivante, à ceci près que la densité était alors un peu plus élevée au moment de la venue du feu : 2,7 en janvier 1968 au lieu de 0,3 en janvier 1967. Q'un tel écart soit fortuit ou qu'il s'explique par l'extrême aridité des mois de décembre 1966 et de janvier 1967, c'est toujours une génération en voie d'extinction saisonnière qui subit l'incendie.

D'une année à l'autre, parfois d'un moment à l'autre et d'un endroit à l'autre, la violence du feu peut varier de façon considérable en fonction de la sécheresse, de la force et de la direction du vent, du relief particulier de la savane (MONNIER, 1968; GILLON, 1970; GILLON et PERNES, 1968). Aussi n'est-il pas inhabituel de trouver après son passage des touffes encore intactes, voire des parcelles de superficie parfois étendue. En outre, la savane ne brûle généralement pas dans sa totalité en une seule fois, la nuit apportant une humidité qui suffit habituellement à interrompre l'incendie. D'autre part il ne franchit pas les galeries forestières qui compartimentent la savane. Une telle situation ne manque pas de modifier les modalités d'action du feu sur la faune. Ainsi, dans les îlots non brûlés qui subsistent ici ou là, principalement dans les dépressions plus humides, la densité atteint 54,5 Lézards par ha (12 individus sur 2 200 m² répartis en plusieurs lambeaux); dans la savane non brûlée qui persiste le long du front d'extinction de l'incendie, cette densité atteint 9,3/ha (9 Lézards sur 9 700 m²). Il y a donc manifestement une concentration de Lézards dans ces parcelles délaissées par les flammes, ce qui indique qu'une partie de ceux qui évoluent encore dans la savane au moment de l'incendie ont pu lui échapper.

On conçoit aisément la fonction écologique importante que revêtent ces espaces non brûlés : au moment des feux, ils permettent la survie de quelques géniteurs, et donc peut-être le dépôt de pontes supplémentaires. Leur fonction ne s'arrête cependant pas là : elle se prolonge encore après l'incendie, en favorisant aussi la survie des jeunes éclos précocement. Ce fait apparaît dès la seconde quinzaine de février, où quelques jeunes ont été récoltés, mais exclusivement dans les touffes non brûlées de la savane. Ainsi, lorsque l'incendie survient à la fin du mois de janvier, tandis que la population de *M. buettneri* est en fin de cycle et que les pontes ont toutes été déposées, son action immédiate sur ladite population est à peu près négligeable. Il n'en va plus de même lorsque sa venue est plus précoce, ou au contraire plus tardive : il surprend alors une population en pleine

TABLEAU X

Dans les savanes brûlées au début d'avril la densité des M. buettneri est nulle aussitôt après le feu (relevés d'avril) et encore six semaines après son passage (relevés de mai). La densité de peuplement à la même époque dans les savanes brûlées en janvier est donnée dans la dernière ligne du tableau.

Date	Savane arbustive			Savane à Loudetia
	3 et 15 avril 1967	16 et 17 mai 1967	5 et 8 avril 1968	9, 10 et 11 mai 1968
Surface en m ²	9 000	9 000	11 700	17 100
Nb récolté	0	1	0	0
Nb/ha en savane brûlée en janvier	25	22	8	10

reproduction dans le premier cas (feu de novembre ou décembre) la nouvelle génération en train d'éclore dans le second cas (feu de mars ou avril). Ainsi, aussitôt après les feux du 8 avril 1965, du 25 avril 1966, du 3 avril 1968 en savane à Loudetia, après ceux du 1^{er} avril et du 4 avril 1968 en savane arbustive, on ne trouve plus aucun *Mabuya buettneri* sur le territoire ravagé par les flammes (tab. X). Six semaines après ces incendies la population n'est toujours pas reconstituée : il est probable que les jeunes qui éclosent encore au mois d'avril périssent sur place ou, lorsque leur éclosion se produit à proximité, rejoignent des aires non brûlées offrant nourriture et protection.

Quelques mois plus tard cependant les régions brûlées tardivement sont grandement repeuplées. L'étude de la structure par groupe de taille de ces populations permettra d'affirmer que le repeuplement s'est effectué par immigration à partir des zones périphériques.

5.2. Structure et densité des populations avant la reproduction dans les savanes brûlées tardivement.

Des échantillons de quatre populations de *Mabuya buettneri* ont été prélevés entre la mi-

TABLEAU XI

Principaux traits des populations de *Mabuyabuettneri* en diverses parcelles de savane différant entre elles par la date du brûlage (relevés du 11 septembre au 10 octobre 1965).

	Nombre de quadrats (900 m ²)	Nombre total de <i>M. buettneri</i>	Nombre moyen par quadrat	Sm	Longueur moyenne de la tête et du corps (mm)	
					♂	♀
Savane non brûlée	18	58	3,22	0,44	69,03	74,33
S. brûlée le 23/1/65	15	40	2,66	0,37	66,00	73,00
S. brûlée le 3/3/65	15	25	1,66	0,33	66,13	69,77
S. brûlée le 5/4/65	25	19	0,76	0,18	61,71	71,00

septembre et la mi-octobre 1965 dans des parcelles de savane qui diffèrent par la date de leur mise à feu : la première n'avait pas brûlé depuis l'incendie de janvier 1964, tandis que les trois autres ont brûlé en 1965, respectivement le 23 janvier, le 3 mars et le 5 avril.

Plus le feu est survenu tardivement, plus la densité de la population est faible : le nombre moyen de Lézards par quadrat de 900 m² passe de 3,22 en savane non brûlée à 0,76 en savane brûlée en avril (tabl. XI). Ce fait traduit l'ampleur de l'action destructive des feux « tardifs » de mars-avril. On remarque également que la taille moyenne des individus est plus petite dans les savanes brûlées en mars et en avril. Le peuplement s'y trouve constitué par des individus éclos plus tardivement : la structure par classes de taille des quatre échantillons montre que l'abondance relative des individus de grande taille (qui sont aussi, en moyenne, les plus âgés) est nettement plus réduite dans les parcelles incendiées en mars et en avril. Les différences de taille individuelle observées entre la population de la « parcelle janvier » et les populations des « parcelles mars et avril » sont cependant peu accusées : il est probable que dans ces dernières populations, aux individus nés tardivement sur place se mêlent des individus en provenance de secteurs brûlés en janvier et situés à proximité. Un dernier exemple montrera la vraisemblance de cette hypothèse.

En août 1966 vingt quadrats de 900 m² ont été prospectés dans une savane à *Loudetia* dominant brûlée le 25 avril 1966. On y dénombre 25 *Mabuya buettneri*, soit une densité moyenne de 13,9/ha, environ cinq fois moindre que celle présente à la même époque dans les savanes brûlées, elles, en janvier (55,2/ha en savane à *Hyparrhenta*, 54,2 en savane à *Loudetia*). Cependant la longueur moyenne des 25 individus récoltés est sensiblement la même qu'en savane brûlée en janvier, soit 62,6 mm au lieu de 63,2 mm. Il s'agit là manifestement d'individus qui, nés dans les conditions habituelles dans une savane brûlée en janvier ont émigré ensuite, en juin et juillet, dans cette parcelle que le feu de fin avril avait complètement dépeuplée. Il a été montré en effet que pendant 4 à 6 semaines après l'incendie — donc ici jusqu'en juin, soit au-delà de la saison des éclosions — les jeunes *Mabuya buettneri* ne survivaient pas dans un milieu encore dépourvu de sa couverture herbacée (tabl. X).

5.3. Les déplacements de population.

Puisque la savane brûle par étapes successives, elle peut être considérée comme une mosaïque de parcelles entre lesquelles pourront s'effectuer des déplacements de populations profitables à l'espèce, la diversité du milieu accroissant les chances de survie des individus. Un exemple naturel, c'est-à-

dire dont les conditions de réalisation ont été totalement fortuites en montrera toute l'importance.

En avril 1967, 33 *Mabuya buettneri* ont été collectés sur 9 000 m² de savane brûlée arbustive, soit une densité de 35,5/ha, nettement supérieure à celle (11,9/ha) du reste de la savane brûlée (tabl. XII). La savane arbustive n'est pourtant aucunement plus peuplée en général que les autres savanes en ce qui concerne l'espèce *Mabuya buettneri*.

TABLEAU XII

Densités de *Mabuya buettneri* en savane arbustive et dans les autres savanes brûlées en avril 1967.

Avril 1967	Nombre de quadrats (900 m ²)	Nombre de lézards récoltés	Densité par ha	Sm
Savane arbustive	10	33	35,5	7,3
Autres savanes brûlées	29	31	11,9	2,6

A comparer les deux échantillons d'avril 1967, celui de savane arbustive et celui de savane peu boisée, on trouve que le premier est significativement plus riche ($p = 0,02$) en individus de grande taille (tabl. XIII).

TABLEAU XIII

Comparaison de la structure par groupes de taille de deux échantillons de *M. buettneri* prélevés en avril 1967, l'un en savane arbustive, l'autre en savane peu boisée.

Catégories structurales :	≤ 33 mm	34 à 37	≥ 38 mm	
Savane arbustive				
Eff. réel	8	9	15	32
Eff. théo.	12,19	9,65	10,16	
Savane peu boisée				
Eff. réel	16	10	5	31
Eff. théo.	11,81	9,35	9,84	
Effectif total	24	19	20	63
X ² (valeur limite pour $p = 0,05 : 5,99$)	2,93	0,09	4,69	7,71

L'interprétation du fait devient aisée si l'on reconstitue l'histoire du peuplement de la parcelle prospectée en savane arbustive en tenant compte de sa situation topographique particulière à proximité d'une parcelle brûlée tardivement le 1^{er} avril 1967 (fig. 5) :

1) à la fin de février, et sans doute encore pendant le mois de mars, les jeunes qui éclosent en zone incendiée, inhospitalière par suite d'un recouvrement herbacé médiocre et peut-être d'une quantité de nourriture insuffisante, périssent ou parviennent par hasard à gagner la zone non brûlée, dont le peuplement s'accroît ainsi surtout en éléments nés très tôt et donc, ultérieurement, de grande taille;

2) lorsque le feu survient, le 1^{er} avril 1967, il chasse devant lui une partie au moins de la population auparavant cantonnée dans la parcelle non brûlée, qui trouvera refuge dans la savane ayant brûlé en janvier et offrant la protection de sa strate herbacée. La population globale y sera donc « accidentellement » plus dense, particulièrement en individus de grande taille;

3) le phénomène de surpeuplement local par immigration se poursuit dans les semaines suivantes, tandis que les Lézards qui éclosent encore dans la parcelle brûlée le 1^{er} avril périssent ou gagnent les zones voisines (fig. 5).

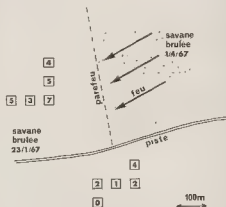


FIG. 5. — Situation topographique des relevés effectués dans la savane arbustive les 12 et 14 avril 1967.

— Les chiffres indiquent le nombre de *Mabuya buettneri* récoltés sur chaque carré de 900 m²;
— les flèches précisent le sens de progression de l'incendie du 1^{er} avril 1967

Localement donc, selon la diversité du biotope — diversité relative à l'épaisseur de la couverture graminéenne, liée elle-même en grande partie à la date du dernier feu —, une population de *M. buettneri* peut subir par émigration ou immigration des remaniements qui diminuent considérablement les effets de la mortalité juvénile imputable au feu.

5.4. Structure des populations de savane non brûlée.

Il a été montré que le rythme saisonnier de reproduction de cette espèce — et, partant, son cycle d'abondance — persistait inchangé dans une savane non brûlée depuis 5 ans comme dans la savane non brûlée depuis 1 an, où cependant, dans les deux cas, la densité de la population était double de celle observée en savane brûlée (BARBAULT, 1974 a). Nous n'y reviendrons pas, pour examiner seulement la structure de ces diverses populations.

A comparer la structure par catégories staturales de deux échantillons de population prélevés dans la première quinzaine de mai 1967, l'un en savane brûlée, l'autre dans une savane qui n'a pas brûlé depuis janvier 1966, on remarque que le second est plus riche à la fois en petits et en grands individus (tabl. XIV, fig. 6). La différence de distribution est significative ($\chi^2 = 9,26$; à $p = 0,05$ le seuil est 7,81). Le surcroît de petits Lézards dans l'échantillon de savane non brûlée peut trouver une explication dans le fait que le temps d'incubation des œufs est plus long en savane non brûlée, de telle

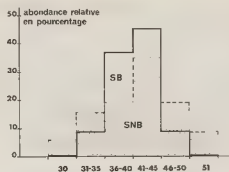


FIG. 6. — Distribution par classes de taille des Lézards récoltés en mai 1967 dans la savane brûlée (SB) d'une part, et dans la savane non brûlée (SNB) d'autre part.

sorte que les jeunes, nés plus tard, y sont à la même date plus petits qu'en savane brûlée. La surabondance des grands individus est imputable, elle, à plusieurs faits concomitants :

- 1) les jeunes nés en tout début de saison (février-mars) survivent normalement en savane non brûlée, alors qu'ils sont décimés en savane brûlée;
- 2) un certain nombre de ces individus, éclos à proximité de la savane non brûlée, ont pu émigrer vers cette dernière;
- 3) on peut penser aussi à des différences dans la croissance des jeunes, celle-ci pouvant être optimale dans la savane non brûlée où pullulent les Arthropodes, et ralentie dans la savane brûlée où la densité des proies est fortement diminuée après l'incendie (Y. et D. GILON, 1967), mais l'hypothèse reste à vérifier.

TABLEAU XIV

Structure des populations de *Mabuya buettneri* en mai 1967 (1^{re} quinzaine) : distribution comparée des individus par groupes de taille en savane brûlée et en savane non brûlée.

Catégories de taille (mm)		≤ 30	31 - 35	36 - 40	41 - 45	46 - 50	≥ 51	Total
Savane brûlée	Effectif récolté	0	3	13	16	3	0	35
	%	0	8,6	37,1	45,7	8,6	4	100,0
Savane non brûlée	Effectif récolté	3	8	9	17	9	4	50
	%	6,0	16,0	18,0	34,0	18,0	8,0	100%

Existe-t-il, en l'absence de feu, un étalement de la saison de reproduction ? Si tel est le cas, on trouvera dans la population de savane non brûlée depuis cinq ans une distribution plus étendue des classes d'âge que dans la population de savane non brûlée depuis un an. Or l'analyse comparative de la structure par âge faite avec les échantillons prélevés en mai, juin et juillet 1965 dans chacun de ces milieux laisse au contraire apparaître une identité étroite entre les deux distributions (tabl. XV).

Selon toute probabilité, le rythme saisonnier si rigoureux de la reproduction de *Mabuya buettneri* n'est donc pas imputable au passage régulier du feu de brousse.

TABLEAU XV

Structure par catégories de taille des populations naturelles de *M. buettneri* de savane non brûlée depuis 1 an (SNB 1) et de savane non brûlée depuis 5 ans (SNB 5).

Catégories de taille	Petits	Moyens	Grands	Totaux	Total
Mai	≤ 35	36-40	41-45	≥ 46	↓
Jun	≤ 45	46-50	51-55	≥ 56	
Juillet	≤ 55	56-60	61-65	≥ 66	
Total SNB 1	32	52	51	45	180
SNB 5	23	36	39	34	132
% SNB 1	16,7	28,9	28,3	25,0	100
SNB 5	17,4	27,3	29,5	25,8	100

5.5. Les taux de mortalité en savane non brûlée.

L'étude des taux de mortalité dans les populations de savanes non brûlées est délicate, par suite d'une immigration non négligeable d'individus éclos en savane brûlée, entraînant notamment une sous-estimation de la mortalité des mois de février et mars.

Seront comparés ici les résultats obtenus au cours du cycle démographique 1964-1965, pour lequel nous possédons les données se rapportant à la fois à une savane brûlée « témoin » et aux parcelles expérimentales non brûlées depuis 1 an et depuis 5 ans (tabl. XVI). Entre le stade œuf et l'âge moyen de 1,5 mois, la mortalité est presque aussi élevée en SNB 5 (57,3 %) qu'en savane brûlée (65,8 %); l'écart peut être imputé à l'immigration qui se produit de la savane brûlée vers la savane non brûlée. Elle est considérablement moindre, en revanche, dans la savane brûlée un an auparavant — SNB 1 — (19,7 %), où l'on peut considérer, compte tenu de l'immigration, qu'elle correspond sensiblement à la seule mortalité *prénatale* qui affecte en moyenne 25 % des œufs pondus (voir § 3.5.). En bref, la mortalité juvénile élevée qui sévit après le feu en savane brûlée est considérablement diminuée dans la savane qui n'a pas brûlé depuis un an. La moindre survie des jeunes dans la parcelle non brûlée depuis cinq ans doit sans doute être attribuée à l'accroissement important de la prédation (BARBAULT, 1971). De fait, celle-ci

TABLEAU XVI

Les taux de mortalité en savane brûlée et en savane non brûlée (cycle 1964-1965).

Nombres → pour 100 ha	Femelles (Nov.-Déc. 1964) N♀	Fécondité totale N♀ x 13,4* (F)	Maximum (mai 1965)	Adultes (Oct 65) (Ad.)	Mortalité précoce F-Max F	Mortalité mai-oct. Max-Ad Max.
Savane brûlée	502	6 720	2 300	1 000	65,8	56,5
Savane non brûlée depuis 1 an	502	6 720	5 400	2 870	19,7	46,9
Savane non brûlée depuis 5 ans	838	11 222	4 800	1 850	57,3	61,5

* fécondité moyenne par femelle

s'y exerce tout au long du cycle annuel de manière plus intense qu'en savane non brûlée depuis un an : de mai à octobre le taux de mortalité y est de 61,5 % contre 46,9 % en SNB 1. Ainsi l'augmentation de la survie qui résulte à court terme (SNB 1) de la persistance de la couverture herbacée dans la savane qui ne brûle pas n'entraîne pas à long terme (SNB 5) une augmentation indéfinie de la densité des populations de *M. buettneri*. En quelques années se crée un nouvel équilibre démographique, à un niveau de densité double, par suite vraisemblablement du développement concomitant des prédateurs, dont l'action rétablit les taux de mortalité aux mêmes niveaux que dans les populations de savane brûlée.

6. — FLUCTUATIONS INTERANNUELLES DE LA DENSITÉ DES POPULATIONS

La régularité si remarquable de l'apparition puis de la disparition saisonnières de l'espèce, permet de caractériser approximativement un cycle donné par la seule densité maximale de la population, laquelle se situe en mai, mois où se produisent les dernières éclosions de la saison. Les différences de densité selon les années se mesurent simplement par les écarts entre les densités annuelles successives (tabl. XVII).

Cette approche met en relief une année de grande abondance (1966) et une année de faible abondance

TABEAU XVII

*Fluctuations interannuelles de l'abondance de
M. buettneri : densités maximales par hectare (mai)*

	1964	1965	1966	1967	1968
Pluies de février à avril (mm)	297	382	549	301	306
Savanes à <i>Loudetia</i>	25	30	54	25	10
Savane à <i>Hyparrhenia</i> peu boisée	36	25	45	22	20
Savane arborescente			35	25	10

(1968), mais il est évidemment difficile de déterminer les causes précises de telles fluctuations.

Dans le cas des fortes densités de mai 1966, puisque la population reproductrice de novembre-décembre 1965 n'était pas plus importante que celle de 1964, on peut cependant affirmer que l'augmentation observée provient d'une forte diminution de la mortalité juvénile. Le processus, mais il s'agit maintenant d'hypothèses, serait le suivant :

1) du fait de la repousse plus précoce de la végétation herbacée, consécutive aux fortes pluies de février-mars-avril 1966 (549 mm au lieu de 300 mm environ les autres années), les jeunes auraient bénéficié, dès l'éclosion cette année-là, d'un couvert efficace et aussi, peut-être, d'une nourriture plus abondante;

2) en favorisant la pullulation des Amphibiens (BARBAULT, 1972), laquelle « détourne » sur ces derniers nombre de prédateurs opportunistes (BARBAULT, 1974 b), le démarrage net et précoce de la saison des pluies aurait indirectement entraîné une diminution de la pression de prédation subie par les jeunes Lézards.

Quant à la faible densité de mai 1967 elle est évidemment la conséquence d'un accroissement de la mortalité des œufs et des jeunes. On peut supposer que celui-ci est consécutif à l'établissement brutal de la sécheresse (fig. 7), un harmantant (1) persistant (il souffla 16 jours en janvier) survenant après un second semestre 1966 peu arrosé (307 mm depuis août au lieu d'une moyenne — 1962-1971 — de 451 mm). La sécheresse a pu d'abord être cause de la destruction d'une proportion importante des œufs. De fait, en janvier 1967 le pourcentage d'eau du sol fut souvent inférieur au seuil de 2 % (fig. 7), seuil au-dessous duquel la déshydratation des œufs est généralement irréversible. En outre, décimant les Amphibiens et empêchant leur reproduction (BARBAULT, 1972), cette sécheresse a pu aussi favoriser indirectement une augmentation de la pression de prédation subie par les jeunes Lézards.

(1) L'harmantant est un vent sec et chaud qui souffle du Sahara et atteint parfois Lamto où ses effets sont très variables d'une année à l'autre.

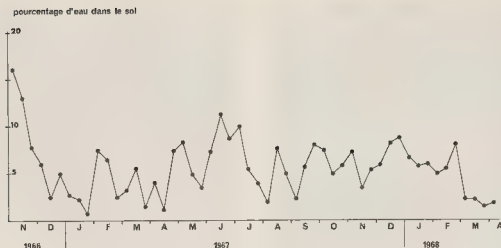


FIG. 7. — Variations décadaires de la quantité d'eau contenue dans le sol à la profondeur de 10 cm en savane brûlée à Loudetia.

Au terme de cette analyse il apparaît donc que les fluctuations interannuelles de la densité des populations de *M. buettneri* sont essentiellement la conséquence de variations du taux de survie des œufs et des jeunes âgés de quelques semaines. La fécondité moyenne des femelles, en revanche, ne subit pas de modifications appréciables d'une année à l'autre. De fait, les taux de gravité sont toujours élevés en novembre et décembre et les pontes sont en moyenne d'importance sensiblement identiques (tabl. XVIII). Elles sont toutefois plus petites en 1967 puisque la moyenne est égale à 7,97 œufs au lieu de 8,70 les autres années (la différence est significative à $p = 0,05$), mais cette diminution, sans doute imputable à la sécheresse de l'année, est cependant négligeable en regard des fluctuations du taux de survie des œufs et des nouveau-nés.

TABLEAU XVIII

Variations annuelles de l'importance des pontes

	Effectif considéré	Longueur moyenne des femelles en mm	Nombre moyen d'œufs par ponte
1964	24	83,4	8,70
1965	11	84,1	8,63
1966	34	83,5	8,73
1967	36	82,4	7,97

CONCLUSIONS

La reproduction de *Mabuya buettneri* est rigoureusement saisonnière, les femelles, adultes à l'âge de 6-7 mois, déposant successivement 2 pontes en novembre et décembre, c'est-à-dire à la fin de la saison humide et avant la venue du feu (janvier). Après le passage du feu, à la fin du mois de janvier, les biotopes de la savane n'abritent plus de *M. buettneri*, en dehors de rares parcelles non brûlées où survivent encore quelques individus. Mais déjà avant le feu, les populations étaient très clairsemées, réduites à quelques individus par dizaines d'hectares et dont la venue du feu ne fera guère que hâter la fin. Lorsque l'incendie survient tardivement, en revanche, il surprend une population jeune en plein essor, qu'il peut alors décimer. Les jeunes éclosent en effet principalement en mars-avril, lorsque la repousse de la végétation herbacée est déjà bien affirmée. Il est donc clair que le feu ne détermine pas le cycle saisonnier des populations de *Mabuya buettneri*, cycle qui est en fait conditionné essentiellement, comme la date du feu, par le rythme des saisons. S'il ne modifie pas la périodicité d'abondance de ce Lézard, le feu contribue cependant à accuser l'amplitude des variations saisonnières car il élimine les rares individus qui auraient pu survivre au-delà de

janvier et crée, par la dénudation qu'il établit, des conditions défavorables à la survie de jeunes nés trop précocement.

L'existence de déplacements locaux d'individus à l'époque des éclosions, entre secteur brûlé et secteur non brûlé, a été démontrée. Ce fait met en relief la fonction importante que jouent indirectement les forêts galeries qui entrecoupent la savane et interrompent la progression des incendies qui perdent ainsi beaucoup de leur nocivité.

Dans une population moyenne de *Mabuya buettneri*, assimilable à une population stationnaire, la production annuelle d'œufs est de 7 308 œufs par 100 ha. Avant l'éclosion la mortalité est en moyenne de 25 %, d'où un effectif à l'éclosion égal à 5 841/100 ha. C'est environ le quart de cette jeune population, soit 18,3 % des œufs, qui atteindra la maturité sexuelle en octobre (1 342 adultes/100 ha) et ce sont finalement 545 femelles/100 ha qui prendront part effectivement à la reproduction en novembre et décembre donnant chacune en moyenne 13,4 œufs (1 ponte et demie).

Les fluctuations interannuelles d'abondance, généralement modérées, résultent principalement de la variabilité du taux de mortalité des œufs et des nouveau-nés : fort lorsque, comme en 1967, le contenu en eau du sol avoisine les 2 % (déshydratation des œufs) et que la repousse de la végétation est tardive, ce taux est faible dans le cas contraire (1966).

BIBLIOGRAPHIE

- BARBAULT (R.), 1971. — Les peuplements d'Ophiidiens des savanes de Lamto (Côte d'Ivoire). *Ann. Univ. Abidjan*, sér. E, **IV** : 133-194.
- BARBAULT (R.), 1972. — Les peuplements d'Amphibiens des savanes de Lamto (Côte d'Ivoire). *Ann. Univ. Abidjan*, sér. E, **V** : 61-142.
- BARBAULT (R.), 1974 a. — Les peuplements de Lézards des savanes de Lamto (Côte d'Ivoire). *Ann. Univ. Abidjan*, sér. E, **VII** : ss presse.
- BARBAULT (R.), 1974 b. — Observations écologiques dans la savane de Lamto (Côte d'Ivoire) : structure trophique de l'herpétocénose. *Bull. d'Ecologie*, **V** (1) : ss presse.
- BOURGAT (R.), 1969. — Recherches écologiques et biologiques sur le *Chameleo pardalis* Cuvier 1829, de l'île de la Réunion et de Madagascar. *Thèse, Fac. Sc., Montpellier*, 211 p.
- GILLON (Y.) et GILLON (D.), 1967. — Recherches écologiques dans la savane de Lamto (Côte d'Ivoire) : cycle annuel des effectifs et des biomasses d'Arthropodes de la strate herbacée. *La Terre et la Vie*, **21** : 262-277.
- GILLON (D.), 1970. — Recherches écologiques dans la savane de Lamto (Côte d'Ivoire) : les effets du feu sur les Arthropodes de la savane. *La Terre et la Vie*, **24** : 80-93.
- GILLON (D.) et PERNES (J.), 1968. — Etude de l'effet du feu de brousse sur certains groupes d'Arthropodes dans une savane préforestière de Côte d'Ivoire. *Ann. Univ. Abidjan*, sér. E, **I** : 113-187.
- MONNIER (Y.), 1968. — Les effets des feux de brousse sur une savane préforestière de Côte d'Ivoire. *Etudes Eburnéennes*, **IX**, Abidjan, 260 p.

ÉTUDE ÉCOLOGIQUE DU PEUPLEMENT ENTOMOLOGIQUE DES TERREAUX D'ARBRES CREUX (CHÂTAIGNIERS ET SAULES)⁽¹⁾

par S. KELNER-PILLAULT

Muséum National d'Histoire Naturelle
Laboratoire d'Entomologie générale et appliquée
45, rue de Buffon - Paris 5^e

SUMMARY

The present work contains the study of the composts in hollow chestnut-trees (Castanea) and willows (Salix).

The microclimate analysed by recording methods shows that this reduced habitat is hygrothermostable. The water richness of these composts makes easy the thermic regulation by the mean of evaporation.

The insects present in these composts are mainly

Coleopterous larvae: Gnorimus variabilis (Scarabaeidae) and Prostomis mandibularis (Cucujidae) in the cavities of the first stage of evolution. In all other cavities, the Elaterid and Alleculid larvae are predominant. They are bound to this habitat by strict physiological needs and by their burrowing behaviour.

Le but de mon travail a été la mise en évidence des relations multiples qui existent entre le biotope et sa biocénose pour tenter de comprendre l'influence du milieu sur l'évolution des espèces.

Le biotope étudié est le terreau des cavités de Châtaigniers et de Saules à l'exclusion de ses deux limites, les parois de la cavité et le sol.

Au voisinage de la Station biologique des Eyzies, j'ai observé la lente dégradation des Châtaigniers et celle, plus rapide, des Saules. Pour terme de comparaison, j'ai examiné les faunes de quelques Châtaigniers de Sologne.

Enfin, Dordogne et Sologne n'étant pas exactement dans la zone de répartition du Châtaignier en France, j'ai parcouru la région du Massif Central français appelé « la Châtaigneraie ».

1°) Evolution des cavités de Châtaigniers (fig. 1).

Sur les Châtaigniers (*Castanea vulgaris* Lam.), les attaques des parasites commencent dans les branches hautes dont le centre est rongé par les champignons et les insectes xylophages. Les cavités du premier stade occupent partiellement le cœur des grosses branches. Elles sont situées à plusieurs mètres au-dessus du sol et n'ont pour limites que le bois et l'air. Au début de leur formation, elles sont dépourvues de terreau mais remplies de bois carié que certaines larves de Coléoptères rongent lentement. Les résidus de leur digestion s'accumulent dans la branche et constituent la plus grande partie du terreau qui sera exploité par la faune que nous allons étudier.

(1) Résumé de la thèse de Doctorat d'Etat présentée devant la Faculté des Sciences de l'Université de Paris, le 15 février 1967.

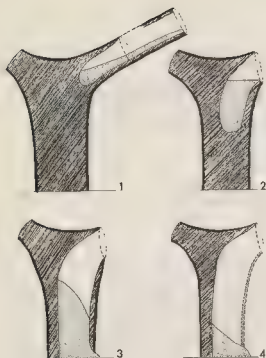


FIG. 1. — Coupes schématiques des stades évolutifs des cavités de Châtaigniers :

- 1, cavité du stade 1
- 2, cavité du stade 2
- 3, cavité du stade 3
- 4, cavité du stade 4

La base de grosses branches transmet les attaques au tronc de l'arbre. Parfois, une branche minée tombe et laisse après sa chute une ouverture arrondie qui cicatrise plus ou moins. Cette plaie béante, située à 2 ou 3 mètres au-dessus du sol, donne accès à une cavité située dans le tronc (stade 2). Cette cavité s'accroît sans cesse mais très lentement, jusqu'à occuper la totalité du cœur de l'arbre. Longtemps, elle ne communique avec l'extérieur que par l'ouverture provoquée par la chute de la grosse branche et n'a aucun contact avec le sol.

Quand le terreau entre en contact avec le sol, assez vite, une seconde ouverture apparaît à la base de l'arbre; le stade 3 commence. Alors une partie du terreau se déverse au dehors. Souvent une bande plus ou moins large d'écorce tombe et le bois mis à nu, miné à la base, s'écroule tôt ou tard.

Par cet effondrement d'une partie du tronc, la cavité entre largement en contact avec l'atmosphère : le stade 4 commence. Ces Châtaigniers entièrement creux, parfois réduits à un demi-cylindre de bois d'un décimètre d'épaisseur moyenne, restent longtemps dressés et portent feuilles et fruits. Dans ces cavités mal isolées, le terreau est plus ou moins abrité par les départs des grosses branches qui se creusent lentement; il s'étale à la surface du sol auquel il est sans cesse mélangé par les fousseurs. Les débris qui tombent des branches cariées approvisionnent constamment la cavité en éléments ligneux. Ces apports venus de l'arbre permettent au peuplement entomologique de ces cavités très évoluées de rester longtemps différent de la faune du sol adjacent.

Quel que soit le stade, le terreau a toujours même origine et possède une faune caractéristique plus ou moins abondante, mais se maintenant là tout au long de la dégradation de l'arbre. Cette altération des Châtaigniers est extrêmement lente et peu perceptible au cours d'une génération humaine. Sa mise en évidence n'a été possible que par comparaison des divers arbres de la châtaigneraie de Meyrals et par l'examen des nombreux Châtaigniers creux de Sologne et du Massif Central. Enfin, la durée moyenne d'un cycle évolutif complet a été évaluée grâce aux données fournies par les dates de plantation des Châtaigniers de Cormes et de Gautray (Loiret), ces gros arbres ont environ 1,60 m de diamètre à 1 m du sol, ils existent depuis le début du XVIII^e siècle. Plusieurs présentent des cavités du stade 2, un seul, à Gautray, possède une cavité très évoluée du stade 4. Il n'est donc pas exagéré d'affirmer que la vie d'un gros Châtaignier peut atteindre quatre siècles. Il est bien certain que la vitesse de dégradation varie avec chaque arbre. Les Châtaigniers de Dordogne sont moins gros que ceux de Sologne et portent des cavités en général plus évoluées : à Meyrals, je n'ai trouvé que deux cavités du stade 1, 3 seulement du stade 2 et les 19 autres des stades 3 et 4. La vitesse de dégradation des Châtaigniers est beaucoup plus grande en Périgord qu'en Sologne, peut-être en raison de la faible épaisseur des sables sidérolithiques qui reposent sur des terrains calcaires convenant mal

au Châtaignier, alors qu'en Sologne la nappe des sables miocènes peut atteindre plus de 10 m d'épaisseur. Dans tous les cas, il est permis d'affirmer que la biocénose caractéristique des terreaux peut subsister dans un même arbre pendant plusieurs générations humaines.

2°) Evolution des cavités de Saules (fig. 2).

Salix alba Lin. est l'espèce la plus commune au bord des eaux. Ce Saule, cultivé en têtard, forme un tronc massif de 2 à 3 m de hauteur. Les cavités du premier stade occupent la tête de l'arbre présentant une coupe très évasée à quelques mètres au-dessus du sol. Là s'accumulent des débris végétaux de toutes sortes qui pourrissent sur place et forment une première masse de terreau dont l'épaisseur s'accroît chaque année. Ces cavités du stade 1 existent sur des arbres portant de nombreuses branches vigou-

reuses; elles persistent sur l'arbre mort et même sur l'arbre abattu. Dans ce dernier cas, les attaques intenses des insectes xylophages fournissent un terreau très riche en débris ligneux où vivent des larves d'insectes en très grand nombre.

Après plusieurs dizaines d'années, le fond de la cavité atteint le sol : stade 2. Les coupes profondes, plus ou moins abritées par les grosses branches, se vident lentement de leur terreau qui est incorporé au sol par de nombreux fousseurs. Certains Saules morts, encore sur pied, entièrement écorcés, présentent ce même type de cavité, mais le terreau qui s'y trouve est souvent plus riche en éléments minéraux qu'en débris ligneux et la faune qu'il contient est une faune typique du sol. Ces cavités du stade 2 des Saules sont comparables aux cavités du stade 3 des Châtaigniers, mais elles sont moins bien isolées et souvent très peu peuplées.

Tôt ou tard, une ou plusieurs grosses branches entraînent dans leur chute une partie de la paroi amincie du tronc. Les fragments de la coupe ainsi échan-crée s'écartent lentement. Souvent, deux demi-cylindres se font face; quelquefois, quand deux troncs sont juxtaposés, les deux demi-cylindres sont adossés. Ils ne possèdent à leur base qu'une mince couche de terreau incorporée rapidement au sol, mais sans cesse renouvelée par les débris tombés des parois. C'est le stade 3 des cavités de Saules comparable au stade 4 des cavités de Châtaigniers.

Dans les cavités des premiers stades, le terreau n'est en contact qu'avec le bois et l'air. Par contre, au début du 3^e stade pour les Châtaigniers et dès le 2^e stade pour les Saules, le biotope possède une nouvelle limite, le sol de la station.

Les stations de Châtaigniers et de Saules diffèrent profondément par leur topographie et leur origine géologique; par suite, leurs sols n'ont pas les mêmes propriétés physico-chimiques; ils possèdent cependant une caractéristique commune essentielle : leur grande perméabilité.

En Dordogne, les Châtaigniers sont localisés sur les lambeaux de la couverture de sables sidérolithiques du Périgord qui subsistent dans quelques poches, sur les plateaux calcaires du Crétacé supérieur. Comme tous les sols sablonneux, ceux des

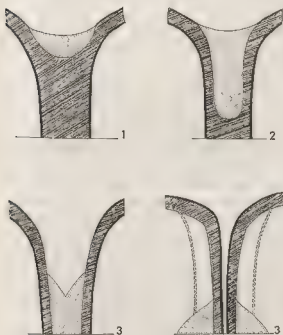


Fig. 2. — Coupes schématisques des stades évolutifs des cavités de Saules :
1, cavité du stade 1
2, cavité du stade 2,
3, deux cavités du stade 3

Châtaigniers sont très perméables et possèdent un faible pouvoir de rétention. Les Saules, au contraire, sont toujours situés au fond des vallées profondément creusées dans ces plateaux calcaires au cours du Quaternaire. Les alluvions fluviales qui constituent le lit majeur des rivières actuellement réduites à de minces filets d'eau reposent sur un calcaire fissuré, donc très perméable.

Ainsi, malgré leurs compositions chimiques opposées, les sols sur lesquels reposent les terreaux de Châtaigniers et de Saules sont aptes à permettre l'écoulement rapide des pluies.

Dans l'Orléanais, les mêmes différences sont à signaler : les Châtaigniers subsistent sur la nappe des sables miocènes de Sologne; les Saules bordent les petites rivières qui courent en surface du plateau calcaire de Beauce (Burdigalien).

Ces différences topographiques et géologiques n'influent pas seulement sur les propriétés du sol; elles

déterminent également dans chaque station un climat particulier différent du climat régional par l'amplitude des variations hygrothermiques.

J'ai déterminé les conditions microclimatiques et les principaux facteurs édaphiques caractéristiques des terreaux d'une centaine de cavités dans lesquelles j'ai trouvé une faune entomologique pauvre en espèces mais souvent riche en individus. J'ai exposé les résultats obtenus pour les cavités les plus significatives en présentant successivement les caractères du biotope (chap. I) puis de la biocénose (chap. II).

Par comparaison des données fournies dans les deux premiers chapitres, en utilisant la méthode graphique, j'ai montré qu'il existe des relations étroites entre le biotope et sa biocénose (chap. III et IV). L'interdépendance des individus (chap. V) et les variations de structure et de composition de la biocénose (chap. VI) ont été examinées. Je résumerai très rapidement l'essentiel de chacun des chapitres.

CHAPITRE I

LE BIOTOPE

J'ai étudié les conditions climatiques locales parce qu'elles déterminent le microclimat des cavités et des terreaux. Des enregistrements ont montré que les conditions hygrothermiques étaient différentes dans les stations où se trouvent les Châtaigniers et les Saules.

Dans ce résumé, je n'exposerai que quelques résultats relatifs au microclimat.

MICROCLIMAT DES CAVITÉS ET DES TERREAUX.

1) *Température.*

J'exposerai seulement les résultats obtenus par enregistrement des variations quotidiennes de température dans la cavité et le terreau pour une cavité de chaque stade.

CHATAIGNIERS

Cavité du stade 1. — Châtaignier E-15, Meyrals. Gros arbre de 1,25 m de diamètre situé presque au bas du flanc sud de la châtaigneraie. Il présente à 2,50 m au-dessus du sol, dans une branche horizontale pointant vers le nord, une cavité en forme de demi-cylindre d'environ 0,25 m de diamètre et 0,50 m de long. Cette cavité, largement ouverte vers le ciel, est entièrement remplie par un terreau très humide, gluant, riche en gros fragments de bois résultant de l'action d'un champignon qui provoque la cartie rouge humide du châtaignier.

Les trois courbes A, B, C, enregistrées le 1^{er} août 1957, sont représentées sur la figure 3.

Dans ces milieux adjacents, les minima sont peu différents mais l'écart des maxima est plus impor-

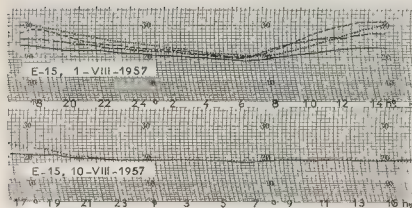


FIG. 3. — Variations quotidiennes de température dans une cavité du stade 1, Châtaignier E-15, Meyrals, 1^{er} août 1957

A. à l'extérieur,
au voisinage de la cavité.
B. dans la cavité,
en surface du terreau.
C. dans le terreau,
à 5 cm de profondeur.
D. dans l'abri météorologique
de la châtaigneraie.

FIG. 4. — Variations quotidiennes de température au voisinage de la cavité du Châtaignier E-15 du 10 au 11 août 1957.

..... en surface du terreau,
.... en surface de l'écorce

tant. L'amortissement des variations quotidiennes de température est commencé dans les cavités, même si elles sont largement en contact avec l'extérieur et partiellement ensoleillées.

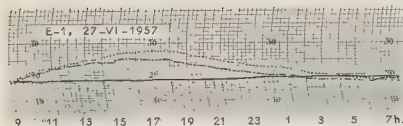
On pourrait objecter que les variations quotidiennes de température ne sont pas les mêmes à 1,50 m du sol, sous l'abri météorologique et au voisinage de la cavité, qu'à 2,50 m au-dessus du sol. Pour éviter toute imprécision, nous avons fait figurer sur les mêmes axes une quatrième courbe D, obtenue à l'aide d'une sonde placée à l'extérieur, mais au voisinage immédiat de la cavité. La comparaison des courbes A et D montre que l'échauffement est d'autant plus rapide qu'on est plus loin du sol; ce phénomène, souvent signalé par les écologistes, est ici très évident, mais le maximum et le minimum sont sensiblement les mêmes.

Quel est l'élément régulateur qui permet aux cavités largement ouvertes de posséder un maximum thermique quotidien inférieur de 4° à celui de l'atmosphère voisine? Puisque l'amortissement des variations de température se poursuit dans le terreau, il semble que ce dernier soit le régulateur thermique. Pour le vérifier, j'ai effectué simultanément, pendant la journée du 10 août 1957, au long d'une même paroi non ensoleillée, deux enregistrements de température; l'une des sondes était placée du côté externe, contre l'écorce, l'autre sur la face interne, à la surface du terreau. Les deux courbes obtenues

sont reproduites sur la figure 4 et elles ne s'écartent notablement que pendant les heures chaudes. Nous verrons ultérieurement quelle est la propriété du terreau qui permet de créer cette thermostabilité, mais dès maintenant, son rôle régulateur est incontestable.

Cavité du stade 2. — Châtaignier E-1, Meyrals. Arbre bien vivant, d'une trentaine de centimètres de diamètre situé au sommet du coteau. Il présente à 2 m au-dessus du sol, dans l'axe du tronc, une cavité cylindrique d'environ 25 cm de diamètre et 40 cm de profondeur, située à la naissance de grosses branches aujourd'hui disparues, communiquant avec l'extérieur par trois ouvertures rondes, deux de 10 cm de diamètre sur la face nord, la troisième de 17 cm de diamètre sur la face sud. Un terreau gluant, peu riche en gros éléments, comble les trois quarts de la cavité.

Les deux courbes B et C enregistrées le 27 juin 1957 dans la cavité et le terreau sont reproduites dans la figure 5 avec la courbe C de l'enregistreur de la station située à 11 m au sud-est. Elles ne présentent pas les maxima et les minima aux mêmes heures en raison des positions relatives de l'arbre et de l'abri météorologique sur le flanc sud du coteau. Comme dans le premier cas, la régulation thermique est commencée dans la cavité, mais elle est plus complète dans ce terreau jamais insolé puisqu'au



cours d'une journée chaude, l'amplitude des variations de température à 5 cm au-dessous de la surface libre du terreau ne dépasse pas 2 °C.

Cavité du stade 3. — Châtaignier E-8, Meyrals. Situé au sommet du coteau, il est dépourvu de son écorce sur une bande longitudinale de la face sud, large de 0,20 m et haute de 2,50 m. La cavité cylindrique, d'une vingtaine de centimètres de diamètre moyen, occupe tout l'axe du tronc et communique avec l'extérieur par deux ouvertures résultant de la disparition partielle de la bande de bois mise à nu. Une des ouvertures, triangulaire, est située à 1,80 m au-dessus du sol, l'autre, semi-circulaire, de 30 cm de diamètre, est placée au niveau du sol. Un terreau humide, riche en fragments de bois carié, occupe les deux tiers de la cavité et se déverse à

l'extérieur par l'ouverture située au pied de l'arbre. Un enregistrement a été effectué le 22 juin 1957 dans la cavité et le terreau. Les courbes, reproduites figure 6, mettent clairement en évidence la thermosabilité des terreaux qui sont en contact avec le sol.

Le 18 juin 1957, les deux sondes ont été enfouies dans le terreau de ce même arbre à 60 cm au-dessus du sol, l'une contre la paroi sud dépourvue d'écorce, l'autre contre la paroi nord revêtue de son écorce. Les deux courbes ainsi obtenues (fig. 7) montrent le rôle protecteur de l'écorce.

Le jour suivant, les deux sondes replacées à la même distance du sol, dans la même orientation mais à 5 cm des parois, ont fourni deux courbes presque superposées (fig. 8). Ceci vient confirmer le rôle de stabilisateur thermique du terreau humide.

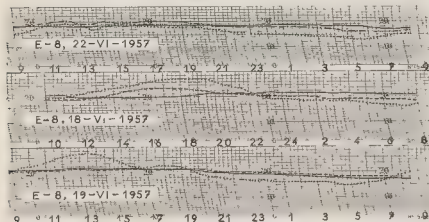


FIG. 6 — Variations quotidiennes de température dans une cavité du stade 3, Châtaignier E-8, Meyrals, 22 juin 1957.
— dans la cavité,
— en surface du terreau,
— à 5 cm de profondeur
..... dans l'abri météorologique de Fleurac

FIG. 7 — Variations quotidiennes de température dans le terreau du Châtaignier E-8 à 60 cm au-dessus du sol 18 juin 1957.
— contre la face sud dépourvue d'écorce.
— contre la face nord revêtue de son écorce.
..... dans l'abri météorologique de Fleurac.

FIG. 8 — Variations quotidiennes de température dans le terreau du Châtaignier E-8, à 60 cm au-dessus du sol, 19 juin 1957.
— à 5 cm de la paroi sud
— à 5 cm de la paroi nord.
..... dans l'abri météorologique de Fleurac.

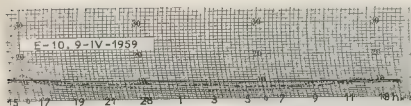


FIG. 9. — Variations quotidiennes de température dans une cavité du stade 4, Châtaignier E-10, Meyrals, 9 avril 1959.
— dans la cavité, en surface du terreau,
- - - dans le terreau, à 5 cm de profondeur,
... dans l'abri météorologique de Meyrals.

L'abri météorologique de la châtaigneraie de Meyrals n'ayant été posé que le 24 juin 1957, sur les trois figures 6, 7 et 8, les courbes des variations thermiques atmosphériques sont celles de l'abri météorologique de Fleurac situé à 12 km au nord-ouest de Meyrals.

Cavité du stade 4. — Châtaignier E-10, Meyrals. Gros arbre réduit à un demi-cylindre dont l'ouverture fait face au nord-est, il est situé à mi-pente sur le flanc sud du coteau, à 13 m à l'ouest de l'abri météorologique. Il est revêtu de son écorce, mais l'épaisseur des parois n'excède 10 cm qu'à la base qui s'élargit sur la face sud. Le terreau, très riche en éléments siliceux, est épais d'environ 10 cm du côté nord-ouest et de 40 cm du côté sud.

Un enregistrement a été effectué le 9 avril 1959 et les courbes obtenues sont représentées figure 9.

Le terreau, peu épais et peu riche en débris de bois, n'assure qu'une régulation thermique partielle de la cavité largement ouverte, mais l'inertie thermique du sol permet au terreau et à la cavité de se refroidir moins que l'air atmosphérique au cours de la nuit.

SAULES

Cavités du stade 1. — Saule E-21, Têtard de 2 m de haut, entièrement revêtu de son écorce, ne portant que quelques branches vivantes du côté sud. La cavité qui occupe tout le sommet de l'arbre est divisée en deux parties principales, l'une à l'ouest, conique et ensoleillée, de 50 cm de profondeur, l'autre à l'est, envahie par une végétation surimposée (ronces et cerisiers), ne contient que 20 cm de terreau. Enfin, du côté sud, l'axe d'une branche creusée à sa base en demi-cylindre de 20 cm de diamètre est rempli de terreau sur 30 cm de long. Cette cavité

fait face au nord et comme celle de l'est, elle est un peu protégée par le feuillage. Dans les cavités est et ouest, le terreau est très riche en éléments siliceux et pauvre en débris de bois.

N'ayant pas d'abri météorologique à proximité, les courbes enregistrées dans ces cavités sont comparées à celles de l'enregistreur des Beunes situé à 8 km à l'est de cet arbre, dans une vallée semblable à celle de la Manaurie, petite rivière qui coule au pied de ce Saule. Sur la figure 10 sont reproduites les courbes enregistrées le 26 juin 1957 dans la cavité ouest et dans son terreau à 5 cm en dessous de la surface. Dans cette cavité très ensoleillée, située à 2 m au-dessus du sol, les variations quotidiennes de température, sont très fortes, mais dans l'axe du cône de terreau, leur amplitude n'excède pas 3°.

Les courbes obtenues (fig. 11) le 27 juin 1957 dans la cavité est, pourtant ombragée, présentent des variations beaucoup plus grandes que les précédentes; elles permettent de conclure que seule une épaisse couche de terreau peut posséder un microclimat thermostable. Ceci est confirmé par les courbes de la figure 12 enregistrées le 24 juin 1957 dans la petite quantité de terreau de la cavité nord et dans le grand cône de terreau de la cavité ouest.

Cavités du stade 2. — Saule 0-18, Saint-Ay. Il m'a été impossible de trouver en Dordogne une cavité de Saule du second stade. Pour combler cette lacune, j'exposerai les résultats obtenus dans une telle cavité de 12 km à l'ouest d'Orléans.

Le Saule 0-18 est en forme de coupe ovale très évasée dont les dimensions sont, au sommet, à 120 cm du sol, 185 × 55 cm; à la base 95 × 55 cm. Cette coupe est échancrée sur la face nord jusqu'à 70 cm du sol. La cavité occupe l'axe de la coupe et la surface supérieure du terreau humide, assez riche en débris de bois, est à 1 m du sol et mesure

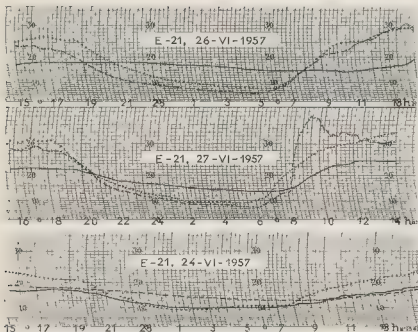


FIG. 10 et 11. — Variations quotidiennes de température dans une cavité du stade 1, Saule E-21, Manaurie, 26 juin 1957, cavité ouest, 27 juin 1957, cavité est
 - - - - - dans la cavité,
 — en surface du terreau,
 à 5 cm de profondeur,
 dans l'abri météorologique des Beunes.

FIG. 12. — Variations quotidiennes de température à 5 cm de profondeur dans les terreaux des deux cavités du stade 1, Saule E-21, Manaurie, 24 juin 1957.
 - - - - - cavité ouest
 — cavité nord
 dans l'abri météorologique des Beunes.

60 × 43 cm. Ne possédant dans cette région qu'une sonde munie de deux masses sensibles, je n'ai pu enregistrer simultanément que les variations hebdomadaires :

1°) dans le terreau à 10 cm de profondeur.

2°) au voisinage immédiat de la cavité du côté nord.

Les deux courbes obtenues pendant la semaine du 25 septembre au 1^{er} octobre 1958 sont reproduites sur la figure 13. Comme dans le cas précédent, les variations quotidiennes de température sont à peine perceptibles à 10 cm au-dessous de la surface libre du terreau.

Cavité du stade 3. — Saule E-28, Savignac-du-Bugue. Situé dans une vallée profonde presque asséchée, ce Saule double, aux troncs adossés très ruinés, porte encore à 2 m du sol une auréole de branches

vivantes à feuillage peu dense. Les deux portions de cylindre très ajourées, présentent chacune une fente longitudinale principale d'environ 30 cm de largeur, l'une face au sud-ouest, l'autre face au nord-est. Les courbes du 10 août 1957 enregistrées au centre de chacune des cavités, en surface du terreau, sont représentées sur la figure 14. Elles sont accompagnées de celle obtenue le même jour dans l'abri météorologique des Beunes situé à 12 km à l'est du Saule E-28. En raison de l'éloignement, la comparaison précise avec cette dernière courbe est impossible, mais l'examen du graphique montre que dans la cavité ouverte au sud-ouest, fortement insolée, l'amplitude des variations thermiques est plus grande que dans la cavité ouverte au nord-est.

Les deux jours suivants, dans chacune des cavités, j'ai étudié les variations de température en surface du terreau et à 50 cm au-dessus de sa surface

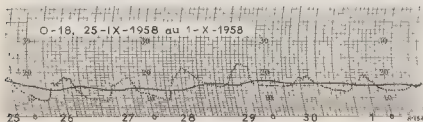


FIG. 13. — Variations de température dans une cavité du stade 2, Saule O-18, Saint-Ay, Lotet, du 25 septembre au 1^{er} octobre 1958.
 — dans le terreau,
 à 10 cm de profondeur,
 au voisinage de la cavité

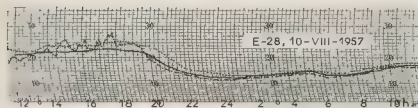


FIG. 14. — Variations quotidiennes de température dans les cavités du stade 3, Saule E-28, Savignac-du-Bugue, 10 août 1957.

— ... au centre de la cavité ouest, en surface du terreau.
 — au centre de la cavité est, en surface du terreau.
 ... dans l'abri météorologique des Beunes.

libre. Les courbes sont reproduites sur les figures 15 et 16. Elles montrent également le rôle régulateur du terreau, et leur comparaison vient confirmer l'importance de l'insolation sur le régime thermique des cavités. De plus, les courbes enregistrées le 5 août 1957, reproduites sur la figure 17, permettent de comparer les variations quotidiennes de température dans les terreaux très différents de ces deux cavités à 5 cm au-dessous de la surface; à si faible profondeur, les variations sont déjà très inférieures à celles de l'extérieur. Les courbes du 7 août 1957, reproduites sur la figure 18 montrent que les variations à 10 cm de profondeur sont encore beaucoup plus restreintes.

En résumé, la lecture des graphiques qui précèdent montre que les variations de température sont progressivement atténuées dans les cavités puis dans les terreaux; elle permet aussi d'énoncer quelques règles générales.

Le régime thermique d'une cavité dépend :

1°) de sa position par rapport au sol; 2°) de son degré d'insolation; 3°) de la quantité et de l'humidité du terreau qu'elle contient.

Les variations quotidiennes de température dans les terreaux sont l'image atténuée de celles de la cavité et s'effectuent avec un retard d'une heure environ.

La thermostabilité du terreau dépend :

1°) de sa position par rapport au sol; 2°) de l'orientation et du degré d'ouverture de la cavité où il est placé; 3°) de sa composition granulométrique et chimique; 4°) de sa teneur en eau.

La thermostabilité des terreaux ne se retrouve dans aucun des deux milieux adjacents, le bois et le sol. Quelle en est donc la cause ? L'étude de l'humidité relative des cavités permettra de répondre partiellement à cette question qui sera pleinement solutionnée par la détermination des facteurs édaphiques de ce biotope.

2) Humidité :

Dans les cavités, elle varie au cours de la journée et dépend :

1°) de leur position par rapport au sol;
 2°) de l'orientation de l'ouverture;

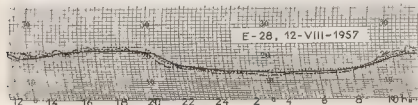


FIG. 15 et 16. — Variations quotidiennes de température dans les cavités du Saule E-28. Cavité ouest, 11 août 1957; cavité est, 12 août 1957.

— ... à 50 cm au-dessus du terreau.
 — en surface du terreau
 ... dans l'abri météorologique des Beunes.

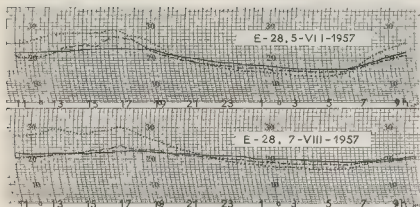


Fig. 17. — Variations quotidiennes de température à 10 cm de profondeur dans les terreaux, au centre des deux cavités du Saule E-28, 5 août 1957

— — — — — cavité ouest.
 — — — — — cavité est.
 dans l'abri météorologique des Beunes.

Fig. 18. — Variations quotidiennes de température à 5 cm de profondeur, dans les terreaux, au centre des deux cavités du Saule E-28, 7 août 1957.

— — — — — cavité ouest.
 — — — — — cavité est.
 dans l'abri météorologique des Beunes.

3°) de la teneur en eau du terreau qu'elles contiennent.

Dans les Saules à cavité largement ouverte, l'humidité diminue rapidement quand on s'éloigne du terreau. Elle est assez souvent inférieure à celle de l'atmosphère voisine même si une réserve d'eau existe dans le terreau. Le terreau influe sur l'humidité de l'air qui est à son voisinage, souvent pour l'augmenter, quelquefois pour la diminuer.

L'étude des facteurs édaphiques a permis de déterminer quelles sont les propriétés du terreau qui lui permettent d'agir différemment sur l'humidité atmosphérique.

FACTEURS ÉDAPHIQUES.

1°) Propriétés physiques des terreaux.

A. Texture.

Pour chaque prélèvement, j'ai défini la texture en étudiant la granulométrie, par passage de la totalité des terreaux dans un crible à mailles de 3 mm, car les éléments de diamètre supérieur à 3 mm étaient des débris de bois non rongés par les xylophages, tandis que les éléments plus petits étaient le résultat de leur digestion. Voici les

moyennes obtenues pour les cavités des divers stades :

	Châtaigniers : > 3 mm	< 3 mm
Stade 1	60 %	40 %
Stade 2	40 %	60 %
Stade 3	47 %	53 %
Stade 4	42 %	58 %
Saules :		
Stade 1	26 %	74 %
Stade 2	17 %	83 %
Stade 3	56 %	44 %

Le pourcentage des éléments fins est souvent élevé, mais ces moyennes ne sont qu'une indication très imparfaite, car les granulométries varient beaucoup d'un arbre à l'autre pour les cavités d'un même stade. C'est pourquoi j'ai donné ensuite des analyses détaillées pour chaque arbre et par strate. Ces résultats ne peuvent être résumés ici, mais j'ai beaucoup insisté sur la granulométrie des terreaux parce qu'elle détermine leur structure et leurs rapports avec l'eau.

B. Structure.

Les pédologues accordent une grande importance à la structure d'un sol parce qu'elle conditionne sa porosité et sa perméabilité. Pour connaître la structure, ou bien ils mesurent par analyse granulomé-

trique la quantité d'agrégats supérieure à une dimension donnée, ou bien ils déterminent la porosité, c'est-à-dire le volume des vides du sol exprimé par rapport au volume total. La granulométrie des terreaux a été traitée longuement dans le paragraphe précédent.

Quelques résultats sur leur porosité sont résumés sur le tableau II ci-dessous :

Porosité des terreaux
Volumes en cm³. Porosité en % du volume total

N° de l'arbre	Volume total de la carotte (V1)	Volume lacunaire (V2)	Macro-porosité	Volume de l'eau retenue	Micro-porosité	Porosité totale	Teneur en eau	Granulométrie		
								< 4 mm	< 4 > 2 mm	< 2 mm
E-15	284	157	55	83	29	84	63	32	21	47
E-13	284	202	71	37	13	84	47	34	22	44
O-41 C	284	149	52	76	27	79	50	18	11	71
O-27	284	141	49	97	34	84	61	18	34	48
O-18	284	152	53	89	31	85	71	20	14	66

La microporosité ou porosité capillaire est égale au volume des pores qui retiennent l'eau après ressuage des pluies. Dans les conditions naturelles, elle excède la porosité des sols sableux (10 %) mais n'atteint pas celle des sols argileux (40 %). Elle varie beaucoup d'un échantillon à l'autre, passant de 13 % (E-13) à 34 % (O-27), mais contrairement à la macroporosité, elle augmente en même temps que le pourcentage d'éléments fins. Elle est proportionnelle à la teneur en eau mais, au laboratoire, pour des terreaux de Châtaignier composés exclusivement d'éléments inférieurs à 2 mm, elle augmente plus rapidement que la teneur en eau (voir tableau III). Pour ne citer qu'un exemple, quand

Dans les terreaux des divers stades, elle est voisine de 80 %. Elle est supérieure à celle des sols bruns forestiers qui d'après Duchaufour serait de 60 % en surface et 45 % en profondeur.

Les terreaux sont des sols à structure *spongieuse* très aérés par suite de la présence d'animaux fouisseurs, particulièrement meubles en raison de l'abondance des éléments inférieurs à 2 mm.

Enfin, l'atmosphère des terreaux est bien développée, les lacunes occupant la moitié du volume total, mais le volume lacunaire diminue quand la teneur en eau augmente.

Variation de la porosité des terreaux fins de Châtaigniers avec la teneur en eau
Porosité exprimée en % du volume total

Volume total en cm ³	Poids du terreau en grammes		Volume d'eau retenue en cm ³	Teneur en eau % du poids total	Volume lacunaire en cm ³	Macro-porosité en % du volume total	Micro-porosité en % du volume total	Porosité totale
	humide	sec						
284	98	78,4	19,6	20	203	71	6,9	77,9
284	108	65,6	32,4	30	192	67	11,4	78,4
284	118	70,8	47,2	40	179	63	16,5	79,5
284	128	64	64	50	161	57	22,5	79,5

C. Teneur en eau.

Ce facteur présente pour l'écologiste un grand intérêt car, dans les terreaux, à ses variations correspondent des modifications de la biocénose, aussi j'indiquerai ici les moyennes, mais dans le texte complet j'ai donné les valeurs extrêmes obtenues pour les cavités de chaque stade et la teneur en eau des éléments de divers diamètres pour les cavités à microclimat connu ainsi que des précisions sur le cycle annuel de l'eau dans les terreaux.

Pour chaque type de cavité, la teneur en eau du terreau a été déterminée immédiatement après le prélèvement de la faune. Les valeurs moyennes pour les cavités de chaque stade sont groupées ci-dessous :

Châtaigniers	Eau/poids total		Eau/poids sec	
	> 3 mm	< 3 mm	> 3 mm	< 3 mm
Stade 1	57 %	53 %	130/100	112/100
Stade 2	64 %	60 %	178/100	150/100
Stade 3	50 %	47 %	100/100	88/100
Stade 4	32 %	41 %	47/100	69/100
Saules				
Stade 1	59 %	49 %	143/100	96/100
Stade 2	64 %	62 %	178/100	163/100
Stade 3	67 %	64 %	203/100	178/100

J'ai aussi étudié l'hygroscopicité, la capacité en eau et les mouvements de l'eau dans les terreaux.

2°) Propriétés chimiques des terreaux.

Nous avons étudié personnellement les facteurs physiques caractéristiques des terreaux, mais nous n'avons pu faire de même pour les propriétés chimiques. Seule l'acidité du milieu a été déterminée aussitôt après les prélèvements. Pour les autres propriétés, nous avons eu recours au Laboratoire de Chimie de l'Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture de Montpellier où M. le Pr. DULAC et ses assistants ont bien voulu analyser, par les méthodes classiques, des échantillons de terreau de chaque stade évolutif des cavités de Châtaigniers et de Saules.

Acidité des terreaux.

L'acidité actuelle d'un sol est exprimée par le pH. Les mesures du pH des terreaux ont été faites sur le terrain, avec un pH-mètre portatif. Tous les échantillons avaient même volume, ils étaient immergés pendant 20 minutes dans un volume égal d'eau distillée et le premier pH pris après avoir agité le mélange.

Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus pour quelques cavités :

Temps de dilution		3 heures	18 heures	24 heures
Stade 1	Chât. E 15	3,4	3,4	3,6
Stade 2	Chât. O 41 - C	3,4	3,8	3,8
Stade 3	Chât. E - 8	3,6	3,7	3,9
Stade 4	Chât. E - 14	3,5	3,6	3,7
Stade 4	Chât. O - 30	4,2	4,2	4,2
Stade 1	Saule E - 21	6,6	6,4	6,6
Stade 1	Saule E - 30	5,6	5,4	5,2
Stade 2	Saule O 18	6,1	6,1	6,1

J'ai étudié l'influence de l'eau et des deux milieux adjacents aux terreaux (bois et sol) sur l'évolution du pH ainsi que ses variations saisonnières.

Composition chimique des terreaux.

La composition chimique des terreaux a été définie par les pourcentages des diverses formes de l'azote et par les taux de carbone et de matières organiques. Les dosages ont été faits par les méthodes classiques exposées dans le Traité de Pédologie de DUCHAUFOR : l'azote organique par la méthode de KJEDAH. (p. 383), l'azote ammoniacal et nitrrique par celle de DROUINEAU et GOUNY (p. 391), le carbone organique par la méthode d'ANNE (p. 382). Enfin, le pourcentage de matières organiques a été déterminé par incinération à 500° en capsule de platine sur échantillon préalablement séché à 100°. Les cendres ont été pesées sur verre de montre taré.

Pour une cavité de chaque stade, un échantillon de terreau composé d'éléments inférieurs à 2 mm a été soumis aux diverses analyses. Pour avoir des termes de comparaison, un échantillon de bois sain a été analysé par les mêmes méthodes. De plus,

pour les Châtaigniers, des fragments de parois des cavités attaquées les unes par la carie rouge sèche, les autres par la carie rouge humide ont été soumis aux mêmes analyses. Enfin, nous indiquerons les valeurs fournies par POCHON pour les sols des stations de Châtaigniers et de Saules en Dordogne. Comme pour les autres facteurs du biotope, nous donnerons les résultats obtenus pour les Châtaigniers puis pour les Saules. Dans les deux cas, sur les tableaux récapitulatifs, après le stade de la cavité, nous indiquerons le numéro de l'arbre dont provient l'échantillon. En raison des faibles teneurs en azote ammoniacal et nitrique, les dosages sont exprimés en p.p.m. c'est-à-dire parties par million.

Le taux d'azote organique est faible dans le bois sain; il augmente un peu dans les bois cariés et devient beaucoup plus élevé dans les terreaux dès le premier stade. Les fortes proportions d'azote ammoniacal dans le terreau des Châtaigniers E-10

et O-30 sont dues à l'abondance de déjections d'oiseaux dont les nids étaient situés dans la cavité. La quantité d'azote nitrique augmente assez régulièrement quand on passe du bois sain aux terreaux très évolués. Les taux de carbone et de matières organiques baissent un peu dans les terreaux des derniers stades. Enfin, le rapport C/N, très élevé pour le bois sain, diminue un peu pour les bois cariés et baisse brusquement pour les terreaux dès le premier stade. Au cours de l'évolution des cavités, cette baisse continue mais beaucoup plus lentement et, dans les terreaux très évolués, d'aspect extérieur presque semblable au sol (O-30), le rapport C/N reste près de 15 fois supérieur à celui du sol adjacent.

Pour les Saules comme pour les Châtaigniers, avant la composition chimique des terreaux, nous indiquerons celle du bois. De plus, pour les cavités du premier stade, les terreaux très différents des

Châtaigniers	N. organique %	N. ammoniacal p.p.m.	N. nitrique p.p.m.	C %	Matières organiques %	Cendres %	C/N
Bois sain	0,24	28	12	41,2	97,9	2,1	171,7
Carie sèche	0,31	0	32	48	98,6	1,4	154,8
Carie humide	0,47	0	56	48,9	97,8	2,2	104,0
Terreaux							
Stade 1 (E - 15)	0,79	16	64	40,5	87	1,3	51,3
Stade 2 (E - 13)	0,99	20	56	43,8	94,8	5,2	44,2
Stade 3 (E - 8)	0,74	16	88	40,4	82	18	54,5
Stade 4 (E - 10)	0,78	616	88	33	69	31	42,3
Stade 4 (O - 30)	0,97	168	84	29,2	66,8	33,2	30,1
Sol	0,3			0,65			2,2

Saules	N. organique %	N. ammoniacal p.p.m.	N. nitrique p.p.m.	C %	Matières organiques %	Cendres %	C/N
Bois	0,20	20	20	47,4	98,0	2,0	237
Terreaux							
Stade 1 (E - 21)	2,32	68	2780	34,9	84	16	15,1
Stade 1 (E - 30)	1,94	72	392	42,4	89,7	10,3	21,9
Stade 2 (O - 18)	1,96	56	152	34,9	83,5	16,5	17,8
Stade 3 (E - 27)	1,45	64	152	34,3	77,9	22,1	23,7
Sol	0,7			2,9			4

Saules E-21, E-30, ont été soumis tous deux aux mêmes analyses.

Dans les Saules, comme dans les Châtaigniers, les taux d'azote organique et de carbone diminuent au cours de l'évolution des cavités. L'azote est beaucoup plus abondant dans les terreaux de Saule que dans ceux de Châtaignier en raison de la minéralisation rapide des feuilles qui s'accumulent puis se décomposent en surface des terreaux où l'humidité est favorable. Les taux de carbone des terreaux de Saules sont inférieurs à ceux des terreaux de Châtaigniers. Il en résulte un rapport C/N moins élevé mais encore 5 fois supérieur à celui du sol adjacent.

CONCLUSION.

Les terreaux des cavités de Châtaigniers et de Saules sont des biotopes restreints d'autant plus

thermostables qu'ils sont plus près du sol et plus riches en eau. L'atmosphère des cavités et celles des terreaux sont toujours très humides.

Dans les terreaux, les variations thermiques quotidiennes et saisonnières sont l'image atténuée des variations climatiques des stations où se trouvent les arbres. La régulation thermique commencée par la voûte feuillée et les parois de la cavité est assurée surtout par l'évaporation de l'eau que les terreaux contiennent en grande quantité.

Malgré leur teneur en eau élevée, les terreaux sont des sols non saturés, bien aérés, souvent très acides et toujours riches en matières organiques. Cette richesse en colloïdes détermine leur forte capacité de rétention et par suite permet leur régulation thermique.

Les propriétés physiques et chimiques des terreaux interfèrent pour créer un milieu hygromicrothermostable particulièrement favorable au développement de nombreux Arthropodes.

CHAPITRE II

LA BIOCENOSE

Le terreau des cavités de Châtaigniers et de Saules est habité par les stades jeunes de divers Arthropodes (Isopodes et Myriapodes en particulier) associées à une faune caractéristique d'*Insectes Ptérygotes* comprenant un petit nombre d'espèces représentées surtout par leurs larves dont la répartition varie au cours des saisons. La composition spécifique des populations se modifie pendant l'évolution des cavités et des terreaux.

J'ai étudié la répartition du peuplement entomologique dans les terreaux des cavités de divers stades et donné des analyses détaillées par strates, qu'il est impossible de reproduire dans ce résumé. Je présenterai seulement les Coléoptères et les Diptères des terreaux, puis quelques données sur le cycle biologique des espèces dominantes.

Les Coléoptères trouvés dans les terreaux appartenaient à 14 familles que nous présentons par ordre d'abondance décroissante en indiquant, pour chacune, le nombre d'individus présents dans les cavités de divers stades, pour les Châtaigniers et pour les Saules. Nous fournirons quelques données sur la fréquence des principales familles, puis nous passerons à l'analyse des espèces, indiquant pour chacune la ou les cavités où elles ont été récoltées.

L'importance des *Alleculidae* et des *Elateridae*, déjà signalées au cours de la répartition du peuplement, est ici pleinement confirmée par les chiffres. Pour ces deux familles, présentes dans presque tous les terreaux de Châtaigniers et de Saules, nous donnerons bientôt l'analyse spécifique.

Stades Nombre de cavités	Châtaigniers				Saules				Total
	1	2	3	4	1	2	3	4	
<i>Alleculidae</i>	44	232	121	110	77	22	10		616
<i>Elaterridae</i>	41	92	129	89	22		17		390
<i>Scarabaeidae</i>	52	1	1	2					56
<i>Cucujidae</i>	36	1							37
<i>Staphylinidae</i>	2	2	8	5		17	28		62
<i>Tenebrionidae</i>	1		8	8					17
<i>Carabidae</i>			6			3	2		11
<i>Perilaphidae</i>	6								6
<i>Silphidae</i>	1	2	2						5
<i>Dermestidae</i>	1								1
<i>Ptinidae</i>			1						1
<i>Histeridae</i>							1		1
<i>Telephoridae</i>							1		1
<i>Cryptophagidae</i>		1							1

Les *Scarabaeidae* et les *Cucujidae* n'étaient abondants et fréquents que dans les cavités de Châtaigniers du premier stade où chacune des familles était représentée par une seule espèce que nous étudierons également.

Staphylinidae et *Carabidae* étaient représentés par des imagos, hôtes temporaires des terreaux.

Tenebrionidae et *Silphidae*, malgré leur petit nombre, présentent un certain intérêt que nous mettrons en évidence en exposant les caractères qualitatifs.

Les imagos d'autres familles sont presque toujours des hôtes accidentels des terreaux.

En résumé, dans les terreaux, deux familles de Coléoptères sont dominantes et deux autres importantes par leur nombre et, nous verrons bientôt, par leur degré de liaison au biotope. Nous donnerons pour chacune la liste des espèces dont certaines serviront d'indicateurs biologiques.

La détermination des espèces a été difficile en raison du manque de spécialistes et de documents relatifs aux formes larvaires. Pour pallier ces inconvénients, durant mes premières années de recherches, j'ai mis en élevage presque toutes les larves trouvées (plus de 2300); ignorant souvent leur régime et leurs exigences hygrothermiques, je me suis rapprochée le plus possible des conditions naturelles en les plaçant dans leur ter-

reau d'origine et en leur offrant un gradient d'humidité par la méthode suivante : les élevages étaient faits en tubes de verre; à intervalle régulier, un volume déterminé d'eau était versé au long de la paroi; elle descendait au fond du tube et le terreau se trouvait ainsi humecté par la base. Cette technique avait aussi l'avantage de ne pas diminuer le volume lacunaire de la zone moins humide, car l'eau versée en surface du terreau aurait entraîné en s'infiltrant un tassement, modifiant ainsi l'aération du milieu.

A partir de 1960, les résultats obtenus et les recherches bibliographiques m'ont permis de déterminer un grand nombre de larves. Pour les Coléoptères, outre les ouvrages français anciens (PERRIS, 1877), j'ai utilisé le livre de BOVING et CRAIGHEAD (1931) puis, pour les *Elaterridae*, les travaux de VAN EMDEN (1942, 1945, 1956) et pour les *Alleculidae* la clé de détermination de STRIGANOVA (1961).

Dans chaque famille, les espèces seront présentées par ordre d'abondance en indiquant pour chacune le nombre d'individus trouvés dans les cavités des divers stades.

Les *Alleculidae* étaient représentés par les espèces suivantes :

Pour les Châtaigniers :

Stades	1	2	3	4	Total
<i>Pseudocistela cerambycoides</i> L.	33	189	72	85	379
<i>Prionychus ater</i> F.	2	20	9		31
<i>Prionychus melanarius</i> Germ.				10	10
<i>Allecula semimunda</i> Pic.			22		22
<i>Allecula morio</i> F.		4			4
<i>Allecula</i> sp.		4	6		10
<i>Alleculidae</i> indéterminés	9	15	12	15	51

Pour les Saules :

Stades	1	2	3	4	Total
<i>Pseudocistela cerambycoides</i> L.	57	22	5		84
<i>Prionychus farrumrei</i> Reich.			3		3
<i>Prionychus ater</i> F.	2				2
<i>Prionychus</i> sp.	7				7
<i>Allecula semimunda</i> Pic.	1				1
<i>Alleculidae</i> indéterminés	10		2		12

La première espèce, *Pseudocistela cerambycoides* L., constitue les trois quarts du peuplement, elle est dominante et fréquente puisqu'elle a été trouvée

dans 80 % des cavités de Châtaigniers et 60 % des cavités de Saules. Elles manquaient dans les terreaux humides des Châtaigniers E-15 (stade 1) puis E-43 (stade 2) et dans les terreaux des Saules E-21 ouest et est, E-23, E-28, très riches en éléments siliceux.

Deux autres espèces, *Prionychus ater* F. et *Allecula semilivida* Pic, sont communes aux deux essences, mais moins abondantes dans les Saules que dans les Châtaigniers. Enfin, *Prionychus melanarius* Germ. n'a été trouvé qu'une seule fois dans le Châtaignier O-30 et *Prionychus fairmairei* Reich., une seule fois dans la cavité est du Saule E-28.

Les larves qui n'ont pas été déterminées jusqu'à l'espèce étaient soit très jeunes, dans ce cas les sculptures du tégument sont peu visibles, soit attaquées par des moisissures au cours des élevages.

Les *Elateridae* étaient représentés par un plus grand nombre d'espèces, 10 dans les Châtaigniers et 4 seulement dans les Saules, mais de nombreuses larves n'ont pu être déterminées jusqu'à l'espèce. Voici la liste des espèces fréquentes :

Pour les Châtaigniers :

Stades	1	2	3	4	Total
<i>Ludus ferrugineus</i> L.	21	43	58	10	132
<i>Ampedus nigerrimus</i> Lac	12	7	39	18	76
<i>Ampedus balteatus</i> L.				2	2
<i>Ampedus balteatus</i> var. <i>adrastiformis</i> Reitt				1	1
<i>Ampedus cinnabarinus</i> Esch				2	2
<i>Ampedus praecustus</i> var. <i>auriculoides</i> Buys		1			1
<i>Cardiophorus gramineus</i> Scop	5	24			29
<i>Cardiophorus nigerrimus</i> Esch		5	9	3	17
<i>Adrasius limbatus</i> F.			1	20	21
<i>Soricus brunneus</i> L.			8	13	21
<i>Melanotus rufipes</i> Herb			1		1
<i>Ischnoderus sanguineus</i> Panz				1	1
<i>Elateridae</i> indéterminés	3			15	36

Pour les Saules :

Stades	3	2	3	Total
<i>Ludus ferrugineus</i> L.	13		2	15
<i>Ampedus poporum</i> Hbst	1			1
<i>Ampedus</i> sp.	1		1	2
<i>Cardiophorus nigerrimus</i> Esch	1			1
<i>Melanotus rufipes</i> Herb	2			2
<i>Elateridae</i> indéterminés	4		14	18

Les *Elateridae* comme les *Alleculidae* ont une espèce dominante, *Ludus ferrugineus* L., commune aux deux essences. Une autre espèce, *Melanotus rufipes* Herb., beaucoup plus rare, a été trouvée dans les Châtaigniers et dans les Saules. La faune des Saules est encore plus pauvre en *Elaterides* (39 individus) qu'en *Alleculides* (109 individus).

Les deux familles suivantes, *Scarabaeidae* et *Cucujidae*, sont liées aux cavités de Châtaigniers du premier stade. Les *Scarabaeidae* y sont représentés par une seule espèce, *Gnorimus variabilis* L., 1758 = *G. octopunctatus* F., 1775, dont les larves vivent en grand nombre dans le terreau accumulé entre les lames de bois carié (40 dans la cavité du Châtaignier E-15). Dans deux cavités des stades 3 et 4, j'ai retrouvé une ou deux larves de cette espèce tombées des branches hautes en même temps que des fragments de carie. Les *Cucujidae* sont aussi représentés par une seule espèce, *Prostomis mandibularis* F., abondante dans la seule cavité du Châtaignier E-15 où ses petites larves plates étaient localisées dans les fissures des fragments de bois carié; une seule autre fois, j'ai trouvé un imago de cette espèce dans la cavité C (stade 2) du Châtaignier O-41.

L'analyse statistique de ces quatre premières familles de Coléoptères vient confirmer le principe de Monard : dans un milieu uniforme et restreint dans le temps et dans l'espace, ne tend à subsister qu'une seule espèce par genre.

Les *Staphylinidae* sont mieux représentés dans les Saules que dans les Châtaigniers, et presque toujours par des espèces différentes dans les cavités de divers stades des deux essences. Nous en donnons la liste par ordre alphabétique en faisant précéder le nom de chaque espèce par le nombre d'individus récoltés et en le faisant suivre du stade de la cavité où ils ont été trouvés.

Dans les Châtaigniers, j'ai obtenu :

- 1 *Atheta coriaria* Kv. (stade 3, E-3)
- 1 *Bolitobius trinotatus* Er. (stade 4, E-14)
- 1 *Microglossa pulla* Gyll. (stade 4, E-14)
- 3 *Oxyptoda opaca* Grav. (stade 3, E-3)

- 2 *Oxypoda recondita* Kr. (stade 3, E-8)
- 1 *Quedius mesomelanus* Marsh (stade 2, 0-41 C)
- 1 *Quedius scitus* Grav. (stade 4, E-14)
- 2 *Staphylinus* sp. (stade 3, E-13)
- 1 *Tachypus abner* Saule (stade 1, E-15)
- 4 *Staphylinidae* indéterminés (stade 1, E-15, stade 2, 0-41 C, stade 3, E-14).

Dans les Saules, j'ai obtenu :

- 1 *Aleochara lanuginosa* Grav. (stade 3, E-24)
- 2 *Atheta trinitata* Kr. (stade 2, 0-18)
- 1 *Bolitobius trinitatus* Er. (stade 3, E-24)
- 1 *Conosotoma testaceum* F. (stade 3, E-24)
- 1 *Hylodromus depressus* Grav. (stade 2, 0-18)
- 1 *Myatoporus longulus* Maënk (stade 3, E-24)
- 3 *Ptomaphagus sericatus* Chauv. (stade 2, 0-18)
- 1 *Ptomaphagus subvillosus* Goez. (stade 2, 0-18)
- 1 *Staphylinus compressus* Marsh (stade 2, 0-18)
- 2 *Stenus elegans* F. (stade 3, E-24)
- 9 *Tachyporus hypnorum* F. (stade 2, 0-18)
- 3 *Kantholinus jarrigei* Coiff. (stade 3, E-28 cavité est)
- 1 *Zyras cognatus* Mark. (stade 3, E-24)
- 18 *Staphylinidae* indéterminés (stade 3, E-24, E-28)

Les 62 *Staphylinidae* récoltés étaient répartis entre 8 espèces dans les Châtaigniers et 13 espèces dans les Saules. Une seule, *Bolitobius trinitatus* Er., était commune aux deux essences, mais représentée par un imago seulement dans chacune des cavités. Les autres, présentes dans une seule cavité, ne comptaient que 2 ou 3 imagos, seul, *Tachyporus hypnorum* F., a fourni 9 imagos dans une cavité du stade 2 (Saulc 0-18). Malgré la multiplicité des espèces, les *Staphylinidae*, peu liés aux terreaux, ne peuvent servir d'indicateurs biologiques.

Comme les *Staphylinidae*, les *Carabidae* sont communs aux deux essences, mais beaucoup plus rares. Je n'ai trouvé que quelques individus dans les prélèvements, mais j'ai souvent pris des imagos dans les pièges. Ci-dessous, nous donnerons seulement la liste des espèces recueillies au cours des criblages en indiquant le stade de la cavité et l'arbre où elles ont été trouvées, laissant la faune des pièges pour un paragraphe ultérieur. Les terreaux des Châtaigniers ont fourni :

- 2 *Hadrocarabus problematicus* Herb. (stade 3, E-3, E-8)
- 1 *Philorhizus melanocephalus* Dej. (stade 3, E-8)
- 1 *Pristonychus terricola* Herb. (stade 3, E-8)
- 2 *Steropus madidus* F. (stade 3, E-8)

Les terreaux des Saules ont fourni :

- 1 *Clivia fossor* L. (stade 3, E-24)
- 1 *Platyderus ruficollis* Marsh (stade 3, E-24)
- 3 *Trechus quadristriatus* (stade 2, 0-18)

Cette famille peu abondante et peu fréquente joue un rôle non négligeable dans la biocénose des terreaux.

Deux autres familles, *Tenebrionidae* et *Silphidae*, mal représentées dans les terreaux, méritent cependant de retenir notre attention, car elles sont liées à certains types de cavités des Châtaigniers.

J'ai trouvé 2 espèces de *Tenebrionidae* :

- Helops coeruleus* L. (4 imagos dans le Châtaignier E-13)
- Tenebrio opacus* Duft. (4 imagos dans le Châtaignier E-13)

De plus, j'ai récolté 9 larves d'*Helops* sp., l'une dans la cavité 0-41 C, les 8 autres dans le Châtaignier 0-30.

J'ai trouvé 3 espèces de *Silphidae* :

- 1 *Phosphuga atrata* L., en logette de nymphose dans le Châtaignier E-15
- 1 *Catops picipes* F. dans le Châtaignier 0-27
- 2 *Catops tristis* Panz. dans le Châtaignier E-3.

Les 6 *Pselaphidae* appartenaient à une seule espèce, *Plectophloeus nitidus* Fairm.

Les autres Coléoptères n'ont pas été déterminés jusqu'à l'espèce.

Les Diptères des terreaux.

Dans les terreaux, les Diptères étaient représentés par 12 familles dont 3 seulement sont importantes. Comme pour les Coléoptères et en utilisant les mêmes arbres, nous résumons en un tableau la

liste des espèces et le nombre d'individus trouvés dans les cavités de chaque stade :

Stades	Châtaigniers				Saules			Total
	1	2	3	4	1	2	3	
Phoridae	1	102	2			1		106
Tipulidae		1		1	16		7	25
Therevidae	3	2	5	2	3		2	17
Calliphoridae								3
Cecidomyiidae			1				2	3
Tachinidae			2				2	4
Stratiomyidae							3	3
Empididae			2					2
Mycetophilidae	1							1
Chloropidae			1					1
Scuridae			1					1
Simuliidae			1					1

Les *Phoridae* sont les plus nombreux, mais ils ne sont représentés que dans un petit nombre de cavités où leur petite taille permet une localisation des larves en une zone très restreinte; quant au nombre des imagos, il est plus suggestif que significatif, car au cours du prélèvement de terreau le plus grands nombre s'envolent. Ceux que nous avons pu capturer appartenaient aux 4 espèces suivantes :

Aphiochaeta major Wood. dans les Châtaigniers 0-27 et 0-41, cavité C

Aphiochaeta ciliata Zll. dans le Châtaignier 0-27

Aphiochaeta coequalis Schm. dans le Châtaignier 0-41, cavité C

Aphiochaeta aequalis Wood. dans le Saule 0-18.

Les *Tipulidae* ont été récoltés à l'état de larves et je n'ai obtenu l'imago que pour une seule espèce : *Tipula selene* Meig.

Les larves de *Therevidae* ont fourni les imagos de deux espèces : *Psilocephala melaleuca* Liv., et *Thereva nobilitata* T.

L'imago de *Simuliidae* réfugié en été dans la cavité du Châtaignier E-3 était un *Simulium subornatum* Edw. Avec lui se trouvaient 2 imagos d'un *Empididae*, *Hilara maura* F., venus chercher dans ce lieu l'humidité qui leur convenait.

Tous ces Diptères, peu nombreux, appartiennent à des espèces ubiquistes non étroitement liés aux terreaux, car leurs larves sont capables de vivre

dans toutes sortes de débris organiques plus ou moins décomposés.

Cycle biologique des Coléoptères dominants.

Dans les cavités de Châtaigniers du premier stade, si le terreau est très humide et riche en fragments de bois carié, les deux espèces dominantes sont :

Gnorimus variabilis L. (Col. Scarabaeidae)
et *Prostomis mandibularis* F. (Col. Cucujidae)

Toutes deux présentent trois stades larvaires et leur cycle biologique est réparti sur moins de trois années. Pour survivre, elles exigent un terreau très humide (60 % d'eau) à décomposition peu avancée. Au début de l'hiver, même si les conditions hygrothermiques optimales sont maintenues, les larves de *Gnorimus variabilis* des stades 1 et 3 construisent une coque où elles subissent toujours un arrêt de développement. La reprise d'activité a lieu en février dans les élevages à 20 °C; elle se produit en avril seulement quand les larves sont maintenues à 10 °C. La nymphose n'est possible qu'au-dessus de 15 °C dans un terreau contenant au moins 60 % d'eau; elle dure environ vingt jours.

Dans toutes les cavités, dès que les terreaux contiennent une forte proportion d'éléments fins (plus de 50 % d'éléments < 3 mm) tant qu'ils restent riches en éléments organiques (C/N compris entre 40 et 50 pour les Châtaigniers, entre 15 et 20 pour les Saules), les deux espèces dominantes sont :

Ludius ferrugineus L. (Col. Elateridae)

et *Pseudocistela ceramboides* L. (Col. Alleculidae)
Elles effectuent leur croissance larvaire normale en sept stades et leur cycle biologique est réparti au moins sur quatre années. On peut élever les larves entre 15 et 20° dans les éléments fins d'un terreau de Châtaignier contenant de 40 à 50 % d'eau. Tout changement brusque de la teneur en eau du terreau provoque une forte mortalité surtout chez les larves des trois premiers stades. Pour les deux espèces, le taux de croissance diminue brusquement après la

Degré d'appartenance des espèces au biotope.

Les écologistes répartissent en quatre catégories les espèces qui vivent dans un biotope.

1) Celles qui accomplissent dans le biotope la plus grande parties de leur développement sont dites « indigènes ». A cette catégorie appartiennent la plupart des Coléoptères, *Alleculidae*, *Elateridae*, *Scarabaeidae*, *Cucujidae*; ils constituent la majorité du peuplement dans les terreaux.

2) Celles qui viennent d'un autre biotope et sont présentes temporairement dans les terreaux sont des espèces « hôtes » dont *Enoicyla pusilla* est la principale.

3) Celles qui viennent de façon fortuite et temporaire sont des espèces « voisines »; tels sont les Coléoptères *Carabidae* venus chercher des proies et les imagos de *Tenebrionidae* et *Silphidae* tombés dans le terreau à leur sortie de nymphose.

4) Celles qui ne se rencontrent qu'accidentellement dans le biotope sont dites « erratique ». Le Coléoptère *Prionus coriarius* en est un exemple, mais le cas le plus curieux est celui d'un Diptère *Simuliidae*: *Simulium subornatum* Edw., présente dans la cavité du Châtaignier E-3, à 5 km de tout point d'eau, alors que toutes les larves de cette famille sont aquatiques et que normalement les imagos s'éloignent peu du bord des rivières.

La biocénose des terreaux est donc caractérisée par la prédominance des espèces indigènes et la rareté des espèces voisines.

Si le degré d'appartenance des espèces au biotope est dès maintenant évident puisque nous avons décrit leur cycle biologique et insisté sur la lente croissance de leurs larves, par contre leur degré de liaison au biotope ne peut être que brièvement indiqué, il n'apparaîtra clairement qu'à la fin du chapitre III, après l'étude de l'influence du biotope sur la biocénose.

Degré de liaison des espèces au biotope.

En plus de degré d'appartenance, les écologistes indiquent la fidélité, c'est-à-dire le degré de liaison

des espèces au biotope. Une espèce étroitement liée au biotope est « sténouque », exclusive si elle ne peut se développer que dans un seul biotope, élective si elle vit parfois dans un autre. Il paraît difficile d'affirmer qu'une espèce est exclusive, car n'ayant étudié qu'un biotope on ne peut savoir si elle existe dans un autre. Cependant, les données bibliographiques et l'examen attentif des deux milieux adjacents (les parois de la cavité et les couches voisines du sol) permettent de penser que les espèces dont nous avons décrit le cycle biologique sont étroitement liées aux terreaux. Il est possible que les larves de ces espèces survivent dans un autre biotope si elles y trouvent réunies les conditions hygrothermiques favorables et la nourriture. La plupart étant communes au Châtaignier et au Saule, elles ne sont donc pas liées à l'essence; elles ont d'ailleurs été signalées sur d'autres feuillus (le Chêne par exemple) et mêmes certaines, *Gnorimus variabilis* en particulier, ont été trouvées sur le Pin maritime (cf. PERRIS, 1854). Plus que la nature de l'arbre, l'état de dégradation du bois et sa teneur en eau déterminent la composition de la biocénose des terreaux. Des constatations semblables avaient été faites par DORN (1922) et HUSLER (1940) au sujet des larves d'*Elateridae*; il en est de même pour les larves d'*Alleculidae* qui constituent avec elles la plus grande partie de la biocénose. Nous déterminerons, au cours du prochain chapitre, quels sont les facteurs qui les lient étroitement au biotope.

Les espèces « euryoques » sont plus souples, elles peuvent exister dans plusieurs habitats mais en préfèrent un; si elles vivent indifféremment dans tous, elles sont ubiquistes. Le passage de l'une à l'autre de ces catégories est difficilement appréciable. Dans la biocénose des terreaux, *Enoicyla pusilla* peut être considérée comme « euryoque » ou « préférante », tandis que les Coléoptères *Staphylinidae*, *Carabidae*, *Psephenidae*, et les Diptères sont « ubiquistes », puisqu'ils peuvent vivre aussi bien dans le sol que dans tous les débris organiques plus ou moins décomposés.

Quant aux espèces « xénouques » ou espèces étrangères introduites accidentellement, elles sont rares dans les terreaux. A cette dernière catégorie appar-

tiennent les quelques imagos de Coléoptères *Cerambycidae*, *Tenebrionidae*, *Silphidae*, tombés dans les terreaux soit à la fin de leur vie, sitôt après avoir déposé leur ponte, soit à leur sortie de nymphose. Les quelques espèces de *Dermestidae*, *Catopidae*, *Ptinidae*, *Histeridae* étaient probablement tombées d'un nid voisin. Enfin, les ouvrières de Fourmis, les 2 Hémiptères et les quelques Lépidoptères sont aussi à classer là. Ces espèces étrangères peu nombreuses et présentes temporairement dans les terreaux n'ont qu'un rôle négligeable dans la biocénose.

En résumé, la biocénose des terreaux est un groupement stable d'Arthropodes où les Insectes sont les plus abondants. Les larves de Coléoptères constituant la majeure partie du peuplement elles ont été prises comme indicateurs biologiques. Elles sont de tailles diverses et réparties irrégulièrement et de façons variables suivant les saisons. Elles appartiennent presque toutes aux quatre familles suivantes : *Alleculidae*, *Elateridae*, *Scarabaeidae*, *Cucujidae*. Les Alléculides étaient représentés par une espèce dominante : *Pseudocistela ceramboïdes* et quelques espèces accessoires. De même, pour les Elaterides,

Ludus ferrugineus était de beaucoup le plus abondant mais il était accompagné par quelques *Ampedus*. Au contraire, il n'y avait qu'une seule espèce de *Scarabaeidae* : *Gnorimus variabilis*, et un seul *Cucujidae* : *Prostomis mandibularis*. Conformément au principe de MONARD, dans ce milieu uniforme et restreint ne tend à subsister qu'une seule espèce par genre. Ceci viendrait confirmer indirectement le premier principe biocénétique de THIENEMANN traduit par WAUTIER (1952) comme il suit : « Plus les conditions d'un biotope sont variables, plus le nombre des espèces de la biocénose sera élevé et le nombre des individus, faible ». Inversement, dans les terreaux hygrothermo-stables, la biocénose est pauvre en espèces mais riche en individus étroitement liés au biotope, nous l'avons montré en étudiant les cycles de développement. De plus, nous avons constaté des modifications de la biocénose quand les conditions physico-chimiques du terreau variaient. Il existe donc des rapports entre le biotope et sa biocénose; c'est ce que nous étudierons dans la seconde partie de ce travail.

CHAPITRE III

INFLUENCE DU BIOTOPE SUR LA BIOCENOSE

Pour mettre en évidence les relations entre biotope et biocénose, j'ai groupé sur une même figure leurs éléments caractéristiques. Le biotope est représenté par un secteur de 100 degrés divisé en parties proportionnelles à la granulométrie et à la teneur en eau dont les valeurs sont indiquées en regard. Dans la biocénose, les larves de Coléoptères, étroitement liées au biotope, sont seules prises en considération en raison de leur fréquence et de leur abondance; chaque famille est représentée par un histogramme dont la surface est proportionnelle à la biomasse puisqu'il est tenu compte du nombre de larves et de leur longueur. Nous présenterons simplement les résultats obtenus pour une ou deux cavités de chaque stade.

Comparaison biotope-biocénose par la méthode graphique.

La figure 20 résume les résultats acquis le 15 août 1957 pour la cavité du Châtaignier E-15. Son terreau très humide (60 % d'eau) contenait 50 % de gros éléments qui hébergeaient dans leurs fissures une partie de la faune, les 31 larves de *Prostomis mandibularis* et quelques larves d'*Ampedus*. L'abondance des larves de *Gnorimus variabilis* correspond à une dégradation peu avancée du bois et à la très forte teneur en eau du terreau.

Dans une seconde cavité du premier stade O-41 A (fig. 21), les conditions étaient différentes. Le 16 août 1957, le terreau sec (34 % d'eau), riche en

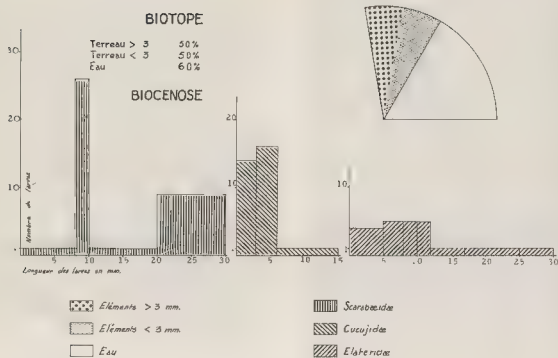


FIG. 20. — Cavité du stade 1, Châtaignier E-15

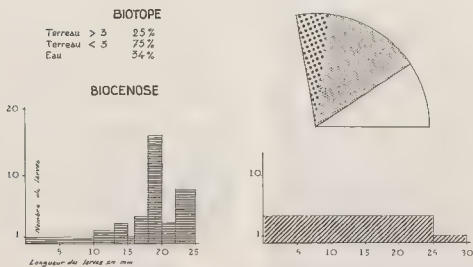


FIG. 21. — Cavité du stade 1, Châtaignier 0-41, cavité A.

éléments fins, contenait une forte proportion de grains de sable en raison de la proximité d'un nid. La faune qui l'occupait était composée par 38 larves d'*Alleculidae* et 6 larves d'*Elateridae*.

Les cavités de Châtaigniers E-15 et 0-41 étaient au même stade : elles avaient même orientation mais granulométrie, teneur en eau et composition chimique des deux terreaux étaient différentes. En effectuant d'autres comparaisons, nous montrerons lequel de ces trois facteurs a le plus d'influence sur la composition de la biocénose, mais dès maintenant nous pouvons affirmer que les *Scarabaeidae* et le *Cucujidae* sont étroitement liés à l'état de dégradation du bois puisque jamais on ne les retrouve dans les terreaux plus évolués.

Pour permettre une comparaison rapide avec la biocénose du terreau 0-41 A, nous avons présenté sur la figure 22 les résultats obtenus le 18 octobre 1957 pour la cavité C du stade 2, située sur le même arbre. Le terreau y était en moyenne un peu

plus humide (51 % d'eau) et composé presque exclusivement par des déjections de xylophages. Ces éléments fins, très abondants, servaient de nourriture aux 113 larves d'*Alleculidae* qui prospéraient là, tandis qu'il y avait seulement 30 larves d'*Elateridae*. Dans ce terreau bien abrité et ensoleillé une partie de la journée, à 5 cm au-dessous de la surface, le microclimat était déjà très stable. C'est dans de telles conditions que nous avons trouvé la plus forte densité de population, surtout dans la strate 1 où la teneur en eau n'était que de 38 % et la température de 14 °C. Le terreau de la strate 2, chimiquement semblable, ayant même température mais contenant 56 % d'eau, était beaucoup moins peuplé. La teneur en eau du terreau influe non seulement sur la composition de la faune mais aussi sur sa répartition dans le biotope, nous y reviendrons bientôt.

Les caractéristiques relatives aux cavités du stade 3 des Châtaigniers E-8, E-3 sont groupées sur les figures 23 et 24. Ces deux cavités, bien abritées, à

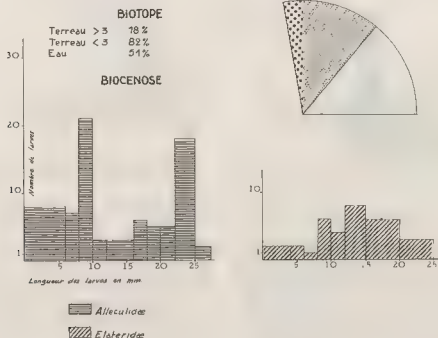


FIG 22. — Cavité du stade 2, Châtaignier 0-41, cavité C

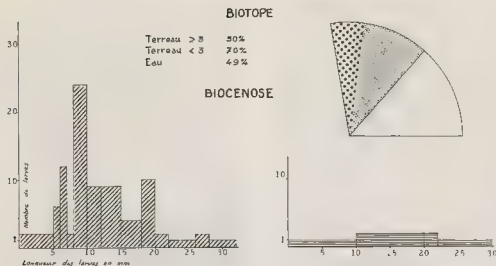


FIG. 23. — Cavité du stade 3, Châtaignier E-8

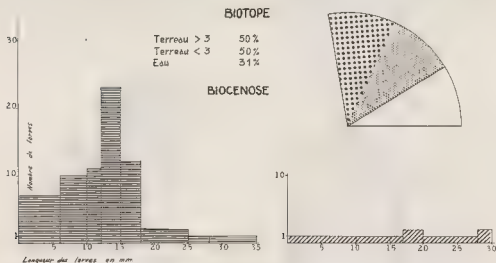


FIG. 24. — Cavité du stade 3, Châtaignier E-3

microclimat stable, contenaient des terreaux abondants, tous deux riches en éléments ligneux, différant un peu du point de vue granulométrique mais surtout par leur teneur en eau. Dans le terreau du Châtaignier E-8 contenant 49 % d'eau, le 31 juillet 1957, se trouvaient 83 larves d'*Elateuridae* et 9 larves d'*Alleculidae*, tandis que le 2 mai 1957, dans celui

du Châtaignier E-3, ne contenant que 31 % d'eau, vivaient 73 larves d'*Alleculidae* et 11 larves d'*Elateuridae*. La comparaison des faunes de ces deux terreaux vient confirmer l'influence de la teneur en eau sur la composition de la biocenose. Les faunes des deux cavités du stade 4, en apporteront une preuve supplémentaire.

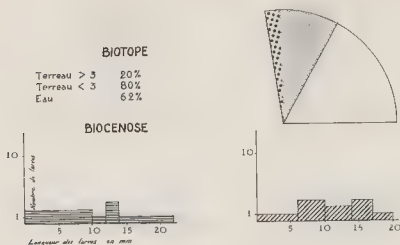


FIG. 25 — Cavité du stade 4, Châtaignier O-11.

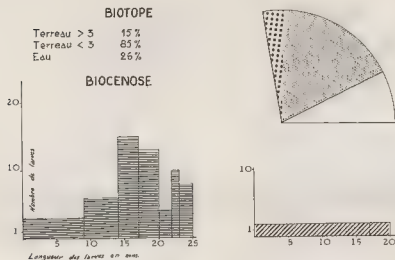


FIG. 26 — Cavité du stade 4, châtaignier O-30.

Les cavités du stade 4 des deux Châtaigniers 0-11 et 0-30 étaient largement ouvertes mais d'orientations différentes. De plus, le terreau de la première, très riche en débris de bois, était soumis aux pluies tandis que celui de la dernière, contenant une forte proportion d'éléments siliceux, était abrité par une partie du tronc. Le 2 août 1957, la température du terreau très humide (62 % d'eau) du Châtaignier 0-11 n'était que de 18  C. Il a fourni une faune pauvre comprenant 13 larves d'*Elateridae* et 7 larves

d'*Alleculidae*. Le 23 octobre 1958, le terreau sec (26 % d'eau, 14  C) du Châtaignier 0-30 a fourni 62 larves d'*Alleculidae* et 3 larves d'*Elateridae* appartenant toutes à une même espèce : *Cardiophorus nigerrimus* Er., par sa biologie, se rattache à la faune du sol. Ces résultats sont groupés sur les figures 25 et 26.

En résumé, dans les cavités de Châtaigniers du premier stade, outre la teneur en eau, le facteur influant le plus sur la composition de la bioc n se est

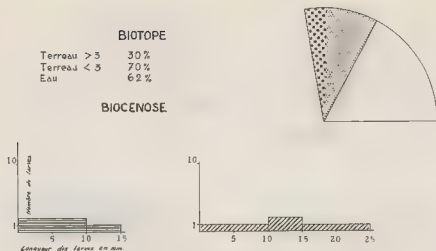


FIG. 27. — Cavité du stade 1, Saule E-21.

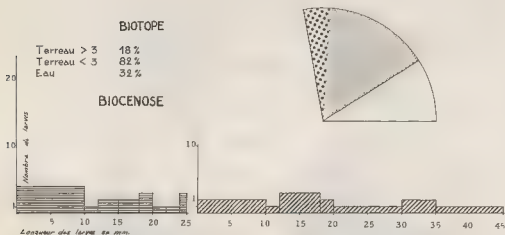


FIG. 28. — Cavité du stade 1, Saule E-30

l'état de dégradation du bois. Dans toutes les cavités des autres stades, les terreaux humides sont peuplés surtout par des larves d'*Elateridae*, tandis que les terreaux secs sont plus riches en larves d'*Alleculidae*. Nous allons voir qu'il en est de même pour les Saules.

En raison de leur petit nombre et de la pauvreté de leur faune, nous ne présenterons graphiquement que les résultats relatifs à 2 cavités de Saules du premier stade. La première (fig. 27) est la cavité ouest du Saule E-21 de faibles dimensions, découverte, elle

contenait un terreau très humide (62 % d'eau) et riche en éléments siliceux dans lequel se trouvaient 4 larves d'*Elateridae* et 3 larves d'*Alleculidae*. La seconde (fig. 28) celle du Saule E-30, située sur un arbre abattu allongé nord-sud, était beaucoup plus vaste. Le terreau qu'elle contenait, très riche en débris de bois, étant en grande partie abrité des pluies, n'avait qu'une faible teneur en eau (32 %). Le 1^{er} mai 1958, la faune beaucoup plus riche et irrégulièrement répartie qui s'y trouvait comprenait 14 larves d'*Elateridae* et 32 larves d'*Alleculidae*. Ainsi,

ces deux derniers exemples confirment les rapports observés entre le biotope et sa biocénose; dans les Châtaigniers comme dans les Saules, les *Elateridae* dominent dans les terreaux humides et les *Alleculidae* dans les terreaux secs.

A partir de ces quelques graphiques récapitulatifs et des faits mentionnés dans les deux premiers chapitres, nous allons mettre en évidence l'action des divers facteurs du biotope sur la biocénose.

J'ai ensuite étudié les groupes de facteurs qui déterminent les principaux caractères de la biocénose. La prospérité de la biocénose dépend de l'hygrothermostabilité du biotope donc, d'une part de la morphologie de la cavité et de sa position par rap-

port au sol, d'autre part de la composition chimique du terreau et de sa teneur en eau.

La composition de la biocénose varie avec l'état de décomposition du terreau et avec sa teneur en eau.

La structure de la biocénose est liée à la répartition des températures et de l'humidité.

Enfin, j'ai effectué le contrôle expérimental des relations observées :

1°) dans les conditions naturelles en étudiant le repeuplement des cavités;

2°) au laboratoire en déterminant les exigences hygrothermiques des espèces dominantes.

CHAPITRE IV

INFLUENCE DE LA BIOCENOSE SUR LE BIOTOPE

L'influence des Insectes sur les terreaux est incontestable mais difficile à mettre en évidence. Nous avons essayé de l'évaluer du point de vue physique en étudiant les variations de la granulométrie des terreaux et du point de vue chimique en étudiant d'une part les modifications subies par un terreau ayant servi de nourriture aux larves de *Gnorimus variabilis*, d'autre part les variations de la composition chimique dans les terreaux de divers stades.

I. — Variations de la granulométrie des terreaux au cours de l'évolution des cavités.

Au chapitre premier, nous avons exposé les résultats détaillés pour une série de cavités. Ici, nous présenterons graphiquement (fig. 29) les pourcentages moyens des éléments de 3 diamètres pour les 4 stades des cavités de Châtaigniers.

Les éléments supérieurs à 4 mm sont des débris de bois plus ou moins rongés par les xylophages; abondants dans les cavités du stade 1, leur pourcentage diminue dans les terreaux plus évolués, sauf

quand les parois s'écroulent, cas fréquent dans les cavités du stade 3

Les éléments moyens, compris entre 4 et 2 mm, correspondent aux résidus de l'action des xylophages. Dans les cavités des trois premiers stades, leur pourcentage diminue régulièrement parce qu'ils servent de nourriture aux larves d'*Alleculidae* et autres Insectes saproxylophages. Dans les cavités du stade 4, ces éléments sont plus abondants mais constitués en grande partie par des grains minéraux venus du sol.

Les éléments inférieurs à 2 mm dominent dans tous les terreaux, mais leur pourcentage augmente au cours de l'évolution des cavités jusqu'au moment où surviennent des apports importants venus du sol, surtout dans les cavités du stade 4.

Parmi les éléments moyens, pour un petit nombre de cavités, nous avons isolé ceux de dimensions comprises entre 4 et 3 mm; ils étaient presque exclusivement composés par des déjections de larves de *Scarabaeidae*. Leur pourcentage était à peu près constant dans les cavités des 4 stades, alors que les éléments compris entre 3 et 2 mm étaient plus ou

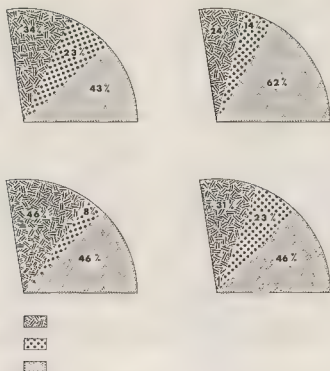


FIG. 29. — Pourcentages granulométriques moyens pour les 4 stades des cavités de Châtaigniers.

moins abondants. Pour ces derniers, le plus faible pourcentage observé (9 %, 0-41 C, strate 1) correspond à la densité de population maximum de larves d'*Alleculidae*. C'est aussi dans ce terreau, en ne considérant que les éléments inférieurs à 4 mm, que nous avons trouvé le plus fort pourcentage d'éléments fins (89 %). Corrélativement, dans tous les terreaux constitués en majeure partie par des éléments inférieurs à 2 mm, les larves d'*Alleculidae* étaient abondantes.

Dans les Saules, l'évolution des terreaux est semblable. La pauvreté en éléments moyens, compris entre 4 et 2 mm, est aussi nette (5 à 14 %). Le pourcentage des éléments fins est souvent élevé surtout dans les cavités bien peuplées comme celle du Saule E-30.

Ainsi, dans les terreaux de Châtaigniers et de Saules, les larves saproxylophages contribuent fortement à pulvériser le biotope. D'autre part, bien

qu'il me soit impossible de le chiffrer, je suis convaincue que les déplacements incessants de la faune entomologique contribuent à créer la forte porosité des terreaux tout comme les Lumbriciens contribuent à l'aération des sols. De plus, dans les cavités des derniers stades, les mouvements des larves produisent le brassage du terreau et du sol et hâtent ainsi l'évolution du biotope.

II. — Modifications chimiques du terreau sous l'action des larves de *Gnorimus variabilis*.

En étudiant le cycle biologique de cette espèce, nous avons signalé que les déjections étaient émises par grains cylindriques facilement isolables. Ceci nous a permis de séparer, en vérifiant les élevages, le terreau donné comme nourriture et les résidus de digestion de plusieurs larves du stade 3. Les deux

fractions ont été soumises à l'analyse chimique par M. le Pr. DULAC; suivant les méthodes déjà mentionnées pour les terreaux de divers stades. Voici les résultats obtenus :

	N. organique %	N. ammoniacal p.p.m.	N. nitrique p.p.m.	C _e	Matières organiques %	Cendres %	C/N
Terreau de nutrition	1,09	612	312	35,5	83,6	16,4	32,6
Déjections	1,17	984	160	40,1	87,9	12,1	34,2

Sous l'action des larves de *Gnorimus*, la teneur en azote ammoniacal, le pourcentage de carbone organique et le rapport C/N augmentent. Les larves de cette espèce modifient donc le terreau, mais sans orienter son évolution vers le sol puisque, nous l'avons montré au chapitre I, et nous y reviendrons brièvement, dans les cavités très évoluées le taux de carbone et le rapport C/N baissent rapidement.

III. — Variations de la composition chimique des terreaux au cours de l'évolution des cavités.

Nous avons résumé au chapitre premier, les valeurs obtenues pour les Châtaigniers et les Saules. Ici, nous nous contenterons de rappeler l'importance de certains facteurs qui correspondent à des variations brusques de la biocénose.

Pour les Châtaigniers, dans une même cavité (E-15), les éléments supérieurs à 4 mm, fragments de carie rouge humide, et les éléments inférieurs à 2 mm, n'ont pas même composition chimique. Les premiers n'ont pas subi l'action de la faune des terreaux, tandis que les seconds sont au moins en partie les résidus de leur digestion; c'est pourquoi pour les terreaux des cavités de divers stades, seuls les éléments fins ont été utilisés. Au cours de l'évolution des terreaux, le taux de carbone diminue en même temps que le rapport C/N qui reste cependant très supérieur à celui du sol adjacent. Le pourcentage des cendres, très faible dans les cavités des deux premiers stades, augmente dès que les terreaux sont en contact avec le sol. Lorsque les éléments siliceux deviennent abondants (Châtaignier 0-30), alors seulement le rapport C/N baisse brusquement. Ces modifications sont significatives de l'action des larves fousseuses qui mêlent le terreau au sol.

Dans les Saules, les variations sont plus difficiles à interpréter en raison des apports fournis par la végétation surimposée et des faibles densités de populations des larves mais, comme dans les Châtaigniers, le pourcentage des cendres augmente brusquement pour les terreaux situés au contact du sol.

Ainsi, la biocénose des terreaux n'édifie ni ne détruit le biotope, mais elle modifie celui qui avait été créé par les xylophages et prépare ainsi l'habitat pour la faune du sol.

CHAPITRE V

RELATIONS ENTRE LES INDIVIDUS DE LA BIOCENOSE

Dans ce biotope où vivent de nombreuses larves, les parasites sont très rares, mais les interactions prédateurs-proies sont fréquentes. Les larves d'*Elate-ridae* sont prédatrices, celles de *Ludius* se nourris-

sent de larves de Coléoptères, souvent d'*Alleculidae*, parfois de leurs semblables; celle d'*Ampedus* attaquent les larves de Diptères *Phoridae*.

CHAPITRE VI

VARIATIONS DE LA BIOCEÑOSE

Des variations de la biocénose, les unes sont étroitement liées aux facteurs microclimatiques (variations saisonnières en particulier), tandis que d'autres dépendent de modifications des facteurs édaphiques sous l'action de la biocénose réagissant sur le biotope.

I. — *Variations saisonnières de la biocénose.*

Au cours de cinq années de recherches, je me suis efforcée de faire des prélèvements tous les mois. Les résultats exposés aux chapitres II et III montrent qu'en toutes saisons, les espèces caractéristiques de la biocénose sont présentes toujours sous forme de larves, rarement à l'état de nymphes ou d'imagos. Seuls varient au cours de l'année la taille des larves, la répartition du peuplement et parfois les pourcentages des individus des différentes espèces.

Au chapitre II, nous avons montré que dans les terreaux, les larves d'*Alleculidae* et d'*Elateridae*, en raison de leur cycle pluriannuel, sont représentées par des individus de divers stades qu'il est souvent difficile de déterminer avec précision, le taux de croissance pour chaque espèce variant beaucoup d'un individu à l'autre. Nous n'y reviendrons ici que pour insister sur la constance de la composition spécifique de la faune entomologique des terreaux. Hormis les cavités du stade I où les deux espèces constantes et dominantes sont *Gnorimus variabilis* et *Prostomis mandibularis*, dans le terreau de toutes les autres cavités, quel que soit le stade, en toutes saisons, on trouve en abondance les larves de deux espèces dominantes *Pseudocistiela ceramboides* et *Lucius ferrugineus*, accompagnées par quelques larves d'espèces accessoires appartenant aux genres *Prionycus* et *Ampedus*. La composition qualitative et quan-

titative de la biocénose des terreaux est donc peu sensible aux variations saisonnières.

La structure de la biocénose, au contraire, est fortement modifiée au cours des saisons. Parallèlement aux variations des gradients thermiques axiaux et verticaux, on observe des déplacements de la faune particulièrement aux changements de saisons. Au printemps et à l'automne, il y a concentration de population dans une zone un peu plus chaude, couche superficielle ensoleillée ou zone de terreau située au long de la face insolée. Pendant la saison froide, la faune émigre vers les couches profondes. Les variations microclimatiques saisonnières déterminent donc des variations de structure de la biocénose des terreaux.

Les variations nycthémerales, si elles existent, ne sont pas très évidentes. Nous avons vu que l'alimentation des larves saproxylophages de *Gnorimus variabilis* était continue. Pour les larves d'*Alleculidae* élevées en boîte d'un décimètre cube, le soir j'ai souvent nivelé la surface du terreau et le lendemain matin, j'ai vu que les larves s'y étaient déplacées. J'ai tout d'abord pensé à une activité surtout nocturne, mais ayant repris l'expérience le jour, j'ai vite constaté que le nivellement du terreau avait déterminé une légère compression diminuant le volume lacunaire et les larves venaient en surface pour trouver de l'air. Elles y restaient peu de temps et leurs déplacements rétablissant vite l'aération suffisante, elles s'enfonçaient à nouveau. Des faits semblables ont été observés dans les tubes où, à la base, le terreau humecté, mal aéré, est inhabité, les larves préférant la zone médiane où humidité et aération sont favorables. Il n'existe donc pas de rythme nycthémeral chez les larves d'*Alleculidae*, non plus que chez les larves d'*Elateridae* qui capturent les proies à toute heure.

II. — Variations périodiques de la biocénose.

Ces variations sont irrégulières, s'étalent sur plusieurs années en raison des cycles biologiques longs des espèces dominantes. Elles concernent la composition quantitative des populations de larves de Coléoptères. Le meilleur exemple en est la diminution brusque du nombre de larves de *Ludius ferrugineus* dans le terreau du Châtaignier 0-27 à la suite de la sortie de nombreux imagos. D'autre part, un été froid peut inhiber la transformation en nymphe des larves de cette espèce, dans ce cas, au cours de l'hiver et au printemps suivant, on trouve dans le terreau des larves de *Ludius* de 35 et de 45 mm. Ce sont les seules variations périodiques qu'il m'a été donné d'observer. Elles sont de faible amplitude, dépendent des variations climatiques et n'influencent pas sur l'évolution de la biocénose, alors que la modification des propriétés édaphiques entraîne des variations importantes de la composition de la biocénose et oriente la succession qui conduit du bois au sol.

III. — Evolution de la biocénose.

Les relevés statistiques que nous avons donnés dans les précédents chapitres expriment l'état de la biocénose des terreaux à une date donnée. Pour obtenir un schéma des variations saisonnières, nous avons établi une comparaison entre plusieurs arbres; de même pour donner une idée de l'évolution de la biocénose, nous utiliserons une série de cavités de divers stades, car dans une même cavité les modifications sont imperceptibles au cours d'une existence humaine, à plus forte raison pendant cinq années de recherches, sauf si l'expérimentation entre en jeu.

Au chapitre II, nous avons montré que les deux espèces dominantes, *Gnorimus variabilis* et *Prostomis mandibularis*, dans le terreau de Châtaignier des cavités du premier stade, ne se maintenaient pas dans les stades suivants. Par contre, *Gnorimus variabilis* est signalé par certains auteurs, PERRIS en particulier, comme habitant le bois pourri. En exposant le cycle biologique de cette espèce d'accord avec

BECKERS, nous avons précisé que l'habitat normal des larves est le terreau peu dégradé accumulé entre les cylindres de bois carié rongé par les xylophages. *Prostomis mandibularis* à l'état de larve et de nymphe vit dans les fissures de bois carié. Ces deux espèces sont donc les éléments essentiels de la première phase de transformation progressive du bois carié en humus après l'action des xylophages, sous l'influence des larves saproxylophages. Quelques espèces du genre *Ampedus* existent aussi dans les cavités du premier stade. Leur biologie a été bien étudiée par HUSLER et IABLOKOFF, nous en avons trouvé les jeunes larves dans les fissures, de carie rouge humide avec celles de *Prostomis*, mais contrairement à ces dernières, les larves de certaines espèces, *A. nigerrimus* en particulier, sont aussi présentes dans les terreaux plus évolués. Dès ce premier stade, si le terreau est humide, mais pauvre en bois carié, les larves d'*Ampedus* sont moins abondantes. Dans les zones plus sèches, la famille des *Alleculidae* apparaît, représentée surtout par des larves du genre *Prionycus* déjà signalées par PERRIS dans le Pin maritime « quand le tissu ligneux tombe en poussière ».

La biocénose du terreau des cavités de Châtaigniers du premier stade est composée surtout d'espèces capables de vivre à la limite du bois carié et du terreau pulvérulent, mais possède déjà certains éléments de la faune qui se maintiendront tout au long de la dégradation ultérieure du bois.

Dans les cavités des autres stades, tant que les terreaux sont riches en matières organiques, c'est-à-dire quand leur rapport C/N reste supérieur à 40, les espèces dominantes, *Pseudocistela ceramboides* et *Ludius ferrugineus*, constituent la presque totalité du peuplement. Elles sont accompagnées le plus souvent par quelques larves d'*Ampedus* et d'*Allecula*, mais dans certaines cavités (E-13) où dans la couche superficielle, les gros fragments de carie rouge sèche abondaient, les *Helops caeruleus* L., étaient fréquents.

Lorsque le pourcentage d'éléments minéraux augmente, le rapport C/N étant égal ou inférieur à 30, à côté des espèces caractéristiques des terreaux apparaissent les larves d'un *Elatерidae* très particulier,

Cardiophorus, et celles de Diptères *Therevidae*. PERIS, qui l'avait déjà constaté, écrivait : « Quand le bois est transformé en terreau qui conserve à peine les traces de son origine, apparaissent les larves de *Thereva* ». Les larves de *Cardiophorus* et de *Therevidae* peuvent exister dans les cavités des stades 1 et 2 si des éléments minéraux ont été apportés par les oiseaux ou le vent, ou si le terreau très évolué d'une cavité du stade 4 a été remis dans une cavité du stade 1.

Les mêmes étapes d'évolution de la biocénose sont observables dans les Saules, mais leurs cavités, souvent mal abritées, contiennent une faune moins riche et où pénètrent plus facilement des espèces venues du sol, les *Staphylinidae* en particulier.

Longtemps encore, même dans les cavités du dernier stade largement ouvertes, quand le terreau, au moins partiellement abrité des pluies, est constamment approvisionné en matières organiques par les débris tombant des branches ou des parois de la cavité, les larves de *Pseudocistela ceramboides* et de *Ludius ferrugineus* persistent. La biocénose du terreau des cavités de Châtaigniers peut durer plusieurs générations humaines. C'est une association stable d'un petit nombre d'espèces étroitement liées, d'une part au biotope par leurs exigences hygrothermiques strictes, d'autre part entre elles par des rapports trophiques. Elle ne disparaît que lorsque le terreau est mêlé au sol sous-jacent par un animal fouisseur ou quand l'arbre s'écroule, modifiant ainsi complètement le microclimat. Elle est différente des biocénoses de ses deux limites, le bois et le sol, mais sert d'intermédiaire entre eux.

Les études précises de SAVELY (1939) et DERKSEN (1941) ont montré que le microclimat des tronçons d'arbres, des arbres abattus et des souches n'est pas identique à celui des terreaux. La stabilité thermique, en particulier, n'y est pas réalisée. DERKSEN a aussi constaté que dans les souches de hêtre, le facteur limitant l'existence des espèces était l'humidité qui peut varier d'un point à l'autre. Dans les travaux de ces auteurs, les familles bien représentées, *Mordellidae* et *Cerambycidae* en particulier, ne sont pas celles que nous avons trouvées en abondance dans les terreaux, mais c'est le même facteur

« humidité » qui détermine la répartition des larves des deux familles dominantes *Elaeteridae* et *Alleculidae*. C'est aussi ce facteur qui permet de comprendre les différences entre nos résultats et ceux des auteurs qui ont exploité d'autres cavités, en particulier IABLOKOFF et DELAMARE-DEBOUTTEVILLE qui font mention de terreaux très humides ou même mouillés alors que, nous l'avons souvent répété, les terreaux de Saules et surtout ceux de Châtaigniers n'étaient jamais sursaturés. Les espèces dominantes *Pseudocistela ceramboides* et *Ludius ferrugineus*, qui se maintiennent pendant toute l'évolution du terreau, et les autres larves d'*Alleculidae* et d'*Elaeteridae* qui les accompagnent sont là dans leur habitat normal. Cela n'exclut pas que l'on puisse les récolter dans un autre biotope si elles y trouvent réunies des conditions microclimatiques et une alimentation favorable. C'est ainsi que GHILAROF a trouvé les larves de *Pseudocistela ceramboides* dans la litière des forêts en Russie et MAIL a vu, dans le Minnesota, de nombreuses larves de *Ludius* en compagnie d'autres *Elaeteridae* typiques du sol, les *Agriotes*. Ces faits précis ont été constatés dans des régions fort éloignées de notre pays. Pour ma part, afin de vérifier si de tels faits existaient à proximité des arbres étudiés, j'ai souvent prélevé le terreau déversé hors des cavités ou bien la couche de sol adjacente au terreau le plus profond. Dans ces zones de transition soumises aux pluies ou à composition chimique différente, je n'ai jamais retrouvé la faune typique du terreau voisin. Le peuplement entomologique des terreaux constitue bien une biocénose différente de celle du bois pourri et de celle du sol entre lesquelles elle sert d'intermédiaire.

Les larves saproxylophages de *Gnorimus variabilis*, *Pseudocistela ceramboides* et divers *Alleculidae* jouent, dans la transformation des débris de bois carié, un rôle important semblable à celui des Insectes Ptérygotes sur la décomposition de la litière des forêts, rôle mis en évidence par FRANZ, KUHNELT, VAN DER DRIFT et BORNEBUSCH, dont les travaux ont été résumés par NEF (1957). De plus, récemment, VAN DER DRIFT (1960) a montré l'influence des larves d'*Enocycla pusilla* dans la décomposition des feuilles tombées.

N'étant ni histologiste ni chimiste, je n'ai pu apporter une solution au problème des symbiotes. Je puis cependant assurer que le terreau pris dans la cavité, stérilisé et réhumecté, à permis des élevages normaux alors que, dans la sciure de bois sain, les larves de *Pseudocistela ceramboides* ne peuvent survivre même si les conditions hygrothermiques favorables sont maintenues.

La biocénose des terreaux est donc un maillon dans le cycle du carbone et de l'azote qui relie l'arbre et le sol. Les espèces qui la composent sont peu nombreuses mais, dans ce milieu où microclimat et conditions édaphiques sont stables, elles peuvent se maintenir pendant plusieurs générations humaines. La biocénose des terreaux pourrait donc être comparée à un climax.

CONCLUSION

Le terreau des cavités de Châtaigniers et de Saules est un biotope à microclimat très stable. La biocénose qui s'y développe est composée d'un petit nombre d'espèces dominantes de Coléoptères, le plus souvent au stade de larves. J'ai cherché les caractères communs des Insectes de cette biocénose. Les caractères morphologiques varient avec les espèces mais toutes les larves sont sténohygrobiontes et sténothermes. Leur physiologie et leur comportement fouisseur sont les causes du rassemblement constant de ces espèces dans ce biotope restreint. Les mêmes espèces peuvent se trouver dans d'autres biotopes, la litière en particulier (cf. GHILAROV), si le climat permet l'accumulation d'une couche épaisse de feuilles mortes où se trouvent réalisées pendant toute l'année des conditions climatiques favorables. Puisqu'il n'en est pas ainsi dans nos régions, on peut penser que l'origine des espèces caractéristiques de la biocénose des terreaux d'arbres creux est la couche superficielle du sol.

Les Insectes des terreaux n'ont pas d'adaptations morphologiques particulières et sont très vulnérables du point de vue physiologique. Il faut donc admettre que si la sélection naturelle a joué, ce n'est pas pour

garder les individus les mieux adaptés mais pour conserver les espèces incapables de résister aux variations du milieu. Ce biotope stable permet la survie d'individus incapables d'évoluer.

BIBLIOGRAPHIE

- ABELOOS (M.), 1928. — Les problèmes de l'hibernation des Insectes. *Bull. Soc. scient. Bretagne*, 15, 125-131.
- ADAMS (R.H.), 1915. — An ecological study of prairie and forest invertebrate. *Bull. Ill. St. Lab. Nat. Hist.*, 11 : 31-280.
- ADAMS (R.H.), 1941. — Stratification diurnal and seasonal migration of the animals in a deciduous forest. *Ecol. Monog.*, 11 : 191-226.
- BALACHOWSKY (A.S.), 1962. — Traité d'Entomologie appliqué à l'agriculture, I, Coléoptères.
- BELING (TH.), 1883. — Beitrag zur Metamorphose der Kaferfamilie der Elateriden. *Deuts. Ent. Zeit.*, 27, 129-142 et 257-304.
- BELLEVOYE (A.), 1904. — Les Insectes des Saules.
- BLACKMAN (M.W.) et STAGE (H.M.), 1924. — Succession of Insects in dying dead and decaying hickory. *Bull. N.Y. st. Col. forestry*, 24 : 1-269.
- BÖVING (A.G.) and CRAIGHEAD, 1931. — Larvae of Coleoptera. *Brookl. Ent. Soc. N. Y.*
- BRAUNS (D.A.), 1954. — Terricole Dipteren larven. — Puppen terricoler Dipteren larven. Berlin.
- CHAUVIN (R.) et AGUILAR (J. d'), 1946. — Données récentes de la microclimatologie et leur importance en écologie entomologique. *Ann. Biologique*, 22 : 165-195.
- CLEMENTS (E.F.) et SHELFOED (V.E.), 1939. — Biocology. Wiley, N.Y.
- CLOUDSLEY-THOMSON, 1962. — Microclimates and the distribution of terrestrial arthropods. *Ann. Rev. Entom.*, 7 : 199-222.
- Colloque International sur l'Ecologie, Paris 1950, *Ann. Biologique*, 27.
- Congrès International de la Science du sol. Paris, 1956.
- CURTIS (J.), 1854. — *Prostomis mandibularis* Lat. *Trans. Entom. Soc. of London*, 3 : 37-39.
- DAJOZ (R.), 1962. — Les espèces françaises du genre *Ampedus*. *Rev. Fr. d'Entom.*, 29, p. 5-26. — 1963. Note préliminaire sur la classification des *Cardiophorinae* d'Europe. *Rev. Fr. d'Entom.*, 30 : 164-173.

1965. Catalogue des Coléoptères de La Massane. Vie et Milieu, supplément au tome XV, 207 p.
- DELAMARE-DEBOUTTEVILLE (Cl.), 1951. — Microfaune du sol des pays tempérés et tropicaux. *Vie et Milieu*, suppl. n° 1, 360 pp.
- DEMOLON (A.) et LEROUX (D.), 1933. — Guide pour l'étude expérimentale des sols. Paris.
- DERKSEN (W.), 1941. — Die Succession der Pterygoten Insekten im abgestorbenen Buchenholz. *Zeits. für Morph. und Oekol.*, 37 : 683-731.
- DRIFT (J. van der), 1949. — Der bodenfauna in onze bossen. *Ned. Bosb. Tijdschr.*, 21, 2/3, p. 31-43 et 67-76. — 1950. Analysis of the animal community in a beech forest floor. *Tijdschr. v. Entomol.*, 94, 1. - 1960. The significance of the breakdown of oak litter by *Enoicyla pusilla* Burm. *Arch. néerl. zool.*, 13 : 486-492.
- DUCHAUFOR (Ph.), 1960. — Précis de Pédologie. Paris.
- EMDEN (F. J. van), 1942 a. — The collection and study of beetle larvae. *Ent. Mont. Mag.*, 78 : 73-79. — 1942 b. Larvae of british Beetles, Key to the Families. *Ent. Mont. Mag.*, 3 : 206-272. — 1945. Larvae of british Beetles. *Ent. Mont. Mag.*, 81 : p. 20. — 1956. Morphology and identification of the british larvae of the genus *Elater*. *Ent. Mont. Mag.*, 17 : p. 167-188.
- FRANZ (H.), 1951. — Etat de nos connaissances sur la microfaune du sol. *Ann. Biol.*, p. 241.
- GEIGER (R.), 1942. — Das Klimat der Bodennahen Luftschicht. Brunswick.
- GHILAROV (M.S.), 1956. — La faune du sol des plantations forestières et des étendues stepaniques ouvertes. *Trudy Inst. Lesa*, 30 : 235-278.
- GISEN (H.), 1946. — Les groupements animaux dans leurs rapports avec le milieu. *Arch. Sc. Phys. et Nat. Genève*, 26 : 45-46. — 1947. Analyses et synthèses biocénétiques. *Arch. Sc. Phys. et Nat. Vaud*, 29 : 42-75. — 1949. L'Ecologie. *Acta Biotheoretica*, Leiden, 9 : 89-100.
- GRASSE (P.P.), 1937. — Ecologie animale et microclimat. *Sciences*, 65 : 383-390. — 1949. *Traité de Zoologie*. Paris, 9 et 10. — 1951. Biocénétique et phénomène social. *Ann. Biol.*, 55.
- HUSLER (F.) et HUSLER (J.), 1940. — Studien über die Biologie der Elateriden. *Mitt. Munschnen Ent. Gesell.*, I, 343.
- IABLOKOFF (A. Kh.), 1943. — Ethologie de quelques Elatérides du Massif de Fontainebleau. *Mem. Museum Hist. Nat. Paris*, 18, 3, 81-160.
- KELNER-PILLAULT (S.), 1958. — Microclimat des terreaux d'arbres creux. *Bull. Soc. Ent. Fr.*, 63 : 207-213. — 1959 a. Biologie d'*Enoicyla pusilla* Burm., *C. R. Acad. Sc.*, 248 : 1702-1705. — 1959 b. Biologie de la larve d'*Enoicyla pusilla*. *C. R. Acad. Sc.*, 249 : 2112-2114. — 1960 a. Biologie Ecologie d'*Enoicyla pusilla*. *Ann. Biol.*, 36 : 51-99. — 1960 b. Nymphose de *Pseudocistela ceramboides* L. *C. R. Acad. Sc.*, 250 : 3405-3407. — 1960 c. Sur le pH des terreaux d'arbres creux. *C. R. Acad. Sc.*, 250 : 2045-2046.
- KÜHNELT (W.), 1950. — Boden Biologie. Wien. — 1958. Oekologie. *Fortsch. Zool.*, 9 : 277-353.
- LYONET (P.), 1762. — *Traité anatomique de la chenille qui ronge le bois de Saule*. La Haye.
- MAIL (G. Allen), 1930. — Winter soil temperatures and their relation to subterranean Insect. *Journ. Agric. Resch.*, 41 : 571-592.
- NEF (I.), 1957. — Etat actuel des connaissances sur le rôle des animaux dans la décomposition des litières des forêts. *Agricultura*, 5 : 245.
- PAULIAN (R.), 1943. — Les Coléoptères, formes, mœurs, rôle. Paris, 396 pp. — 1948. Notion, limites et importance des niches écologiques. *Rev. Fr. Ent.*, 15 : 161-165. — 1959. Coléoptères Scarabéides. *Faune de France*, 63.
- PERRIS (E.), 1852-1862. — Histoire des Insectes du Pin maritime. *Soc. Ent. de Fr.* — 1877. Larves de Coléoptères. Paris, 590 pp.
- POCHON (J.), 1954. — Manuel technique d'analyse microbiologique du sol.
- SAVELY (H.E.), 1939. — Ecological relations of certain animals in dead pine and oak logs. *Ecol. Monog.*, 9 : 321-385.
- SHELFORD (V.E.), 1913. — The reactions of certain animals to gradients of evaporating power of air. *Biol. Bull.*, 25 : 79-120. — 1929. Laboratory and Field Ecology. Baltimore. — 1946. Bio-Ecology. Baltimore.
- SEGUY (E.), 1950. — Biologie des Diptères. *Encycl. Ent.*, 16, 608 pp.
- STRIGANOVA (B.R.), 1961. — Morphological peculiarities and identification key to Alleculid larvae. *J. Acad. Sc. U.R.S.S.*, 10 : 193-200.
- UVAROV (B.P.), 1931. — Insects and Climate. *Trans. Ent. Soc. London*, 79 : 1-247.
- WAUTIER (J.), 1952. — Introduction à l'étude des Biocénoses. Lyon, 124 pp.
- WIGGLESWORTH (V.B.), 1953. — The Principles of Insect Physiology. Methuen édit., London.

RÉSUMÉ DE THÈSE

Françoise SERRE. — **Contribution à l'étude dendroclimatologique du Pin d'Alep** (*Pinus halepensis* Mill.). Thèse de Doctorat d'Etat présentée à la Faculté des Sciences et Techniques de St-Jérôme, Université d'Aix-Marseille III. Octobre 1973. 240 p., 18 tabl., 30 fig. hors texte. N° d'enregistrement au C.N.R.S. : AO 7298.

Le développement de la dendroclimatologie en région méditerranéenne est lié à la connaissance de l'influence actuelle des facteurs météorologiques sur la mise en place du cerne^(*). Dans une région où ne se manifeste pas de facteur climatique dominant, le problème consiste à isoler du réseau d'influences complexes qui conditionnent l'épaisseur du cerne les éléments du climat annuel qui sont assez importants et assez constants pour permettre la reconstitution du climat passé à partir de séquences de cernes anciens.

La méthode choisie est basée sur l'étude de la biologie de la croissance au cours de l'année. Par l'observation du déroulement de la croissance et la comparaison de ce déroulement avec celui de l'année climatique considérée sous ses deux aspects principaux, les pluies et les températures, une première définition de la nature, de la forme et de la hiérarchie des facteurs influant sur la mise en place du cerne est donnée. Les résultats sont utilisés dans l'interprétation d'une analyse multifactorielle des correspondances effectuée sur une séquence de cernes.

Matériel et techniques.

L'étude est réalisée en Provence, à proximité de Marseille. Le Pin d'Alep a été choisi de préférence à toute autre essence pour des raisons pratiques, son bois tendre facilitant les prélèvements sur lesquels repose l'essentiel du travail, mais son appartenance à la végé-

tation climacique de la zone sublittorale où il est étudié, sa permanence en Provence depuis l'orée du Quaternaire en faisaient aussi un élément de choix dans l'étude de la dendroclimatologie en région méditerranéenne.

Tous les Pins étudiés sont issus d'un peuplement homogène sur roche mère calcaire (Barrémien à faciès urgonien) et rendzines typiques, situé à 200-250 m au-dessus du niveau de la mer, en exposition sud-sud-ouest dans la banlieue nord-est de Marseille. Peuplement et milieu aussi homogènes que possible ont été recherchés afin que soit réduit au mieux le jeu sur la croissance des facteurs écologiques autres que climatiques.

L'édification du cerne a été suivie pas à pas au cours des années 1969, 1970 et 1971 chez des arbres jeunes et chez des arbres vieux, toujours les mêmes au cours des trois années.

Le travail fondamental a consisté à réaliser tous les quinze jours, dans le tronc des arbres, des microprélèvements de la zone cambiale et du bois sous-jacent. Ces prélèvements (1,5 mm de diamètre, 1 cm de long environ) ont été effectués au moyen d'un petit trocart de Mallarmé modifié, sur les arbres jeunes, neuf au total, à tronc grêle, selon une seule des directions N, ESE ou WSW, sur les arbres vieux, six au total, selon ces trois mêmes directions à la fois.

La croissance des pousses et des aiguilles des arbres jeunes a été suivie grâce à des mensurations effectuées aux mêmes dates que les prélèvements de la zone cambiale. Ce sont toujours les mêmes pousses qui ont été mesurées au cours d'une année. La longueur moyenne d'un échantillon d'aiguilles prises au hasard à la base puis au sommet de la partie feuillée des pousses a été considérée à chaque date d'observation.

L'étude de l'élaboration des cernes, des pousses et des aiguilles repose sur le principe de l'examen de la variation du nombre de cellules lignifiées ou des longueurs d'une date d'observation à la suivante.

Afin de les rendre comparables, toutes les courbes brutes de croissance ont été lissées à main levée et les variations du nombre de cellules ou de longueur éva-

(*) Dans les régions tempérées, chez tous les arbres, chaque année se forme une couche de bois définie, concentrique aux couches précédemment formées, appelée cerne ou anneau de croissance dont l'épaisseur est liée, en partie au moins, aux variations annuelles du climat. La dendroclimatologie basée sur l'étude des variations de l'épaisseur des cernes se définit, selon son étymologie, comme l'étude du climat par les arbres.

luées directement sur ces courbes à des intervalles fixes de 10 jours. Des diagrammes rendent compte de ces variations et servent de base à l'analyse.

Pour faciliter la comparaison des diagrammes entre eux dans une même année et entre les trois années considérées, la période délimitée par la mise en place des 5 et 95 % du nombre total de cellules lignifiées a été considérée comme période d'activité cambiale effective. De même la distinction a été faite entre la période d'allongement total des pousses et la période de croissance active de ces dernières correspondant à la mise en place de leur longueur totale diminuée de la longueur du bourgeon terminal. Des conventions similaires ont été posées chaque fois que l'analyse des phénomènes l'exigeait.

Analyse des facteurs de variation.

Après une analyse détaillée de l'activité cambiale au cours de chacune des années 1969, 1970 et 1971 sur l'ensemble des arbres jeunes ou vieux et sur chacune des orientations suivant lesquelles ces arbres ont été sondés, l'influence des facteurs (individu, orientation, âge et année) susceptibles d'intervenir dans la formation du cerne a été recherchée et, lorsque cela était possible, testée.

— Il existe des différences individuelles significatives de l'épaisseur des cernes, exprimée en nombre de cellules, certains arbres jeunes comme certains arbres vieux présentant systématiquement les cernes les plus minces ou les plus épais au cours des trois années étudiées.

L'influence de l'orientation n'est pas négligeable. Lorsqu'un test statistique peut être appliqué, il n'est pas possible de déceler une dominance significative de l'orientation dans la manifestation d'un caractère de la croissance au cours des trois années, mais cela n'exclut pas que chacune des orientations N, ESE ou WSW puisse présenter avec une plus grande fréquence que les autres telle ou telle particularité de la croissance annuelle (par exemple une plus ou moins grande précocité de la date de mise en place des 5 % des cellules lignifiées ou des reprises de l'activité cambiale à la fin de l'été ou au début de l'automne, etc.).

— Bien que les grands traits des variations annuelles de l'activité cambiale se retrouvent avec une constance remarquable chez les arbres jeunes et vieux, des différences dues à l'âge existent : différences de dates, de durées, d'intensité de certains événements (à l'exclusion de leur fréquence) entre les deux groupes d'arbres.

— Face aux trois facteurs précédents, le facteur année se révèle être cependant nettement primordial. Il

les domine tous trois, allant par exemple, semble-t-il jusqu'à influencer sur la détermination de l'orientation dans l'expression de tel ou tel caractère de la croissance.

L'influence du facteur année ne pouvant être statistiquement testée pour des raisons méthodologiques — l'indépendance intrinsèque des cernes comparés ne pouvant être supposée — celle-ci a été examinée en tenant compte des variations relatives, parfois faibles mais non moins réelles, de chacun des termes de l'analyse de la croissance au cours des trois années. Un essai de mise en relation de ces variations et des variations des pluies et des températures de périodes plus ou moins longues contemporaines ou antérieures aux événements examinés, a été tenté.

L'étude de la croissance des pousses et des aiguilles repose sur la recherche du même type de relation. Au niveau de ces croissances se reconnaît aussi la prééminence du facteur « année » face à des variations provenant du type de pousse (mono- ou polycyclique) ou du niveau de l'arbre considéré (flèche et rameaux adjacents ou branches basses).

Relations cerne-climat.

Les trois années d'étude, 1969, 1970 et 1971 présentent des différences climatiques assez nettes. Des différences dans les cernes en place et dans les étapes caractéristiques de leur formation au cours des trois années existent aussi. Plusieurs points ressortent de la comparaison des unes et des autres.

1°) Le nombre total de cellules lignifiées produites au cours de chacune des trois années par chacun des arbres varie comme les valeurs des précipitations annuelles et des bilans hydriques annuels. Mais aucune relation globale ne peut être mise en évidence avec les températures minimums, maximums ou moyennes.

2°) Au niveau de la réactivation de la zone cambiale qui a lieu normalement en mars, interviennent les températures minimums moyennes de février : des températures inférieures à + 4 °C retardent cette réactivation ; des températures minimums moyennes de janvier élevées sont susceptibles de l'avancer mais cela n'est valable que pour les arbres vieux.

Les fluctuations de la date de réactivation se répartissent sur la date de mise en place des 5 % du nombre total de cellules lignifiées.

3°) L'accélération moyenne maximum de la vitesse d'apparition des cellules lignifiées, qui a généralement lieu dans la deuxième quinzaine d'avril et dans les premiers jours de mai, se produit chez les arbres jeunes avec un délai à peu près fixe d'un mois après la fin des grosses pluies de l'hiver et des premiers jours du prin-

temps. Les précipitations immédiatement antérieures à la période d'accélération ne semblent avoir aucune action. Des températures minimums moyennes de mars faibles retardent cette accélération. Chez les arbres vieux, seule l'existence d'un délai peut être distinguée, mais il s'agit d'un délai moins strict et plus court que chez les arbres jeunes.

Chez les deux types d'arbres, la valeur du maximum moyen d'accélération ne peut être mise en relation avec les seules données climatiques de l'année en cours — notamment avec les précipitations de cette dernière depuis la réactivation — et la production cellulaire de l'année écoulée doit aussi être envisagée. Cette production cellulaire, exprimant en quelque sorte les conditions générales de croissance de l'année, le rôle du passé de l'arbre est ici souligné.

4°) Les périodes d'activité cambiale importante, qui se situent inéluctablement au cours des mois de mai et juin, quelle que soit l'année et quelles que soient les conditions climatiques, peuvent s'étendre sur le mois d'avril ou sur les mois de juillet et même d'août. Sur ces fluctuations marginales se reconnaissent d'une part l'impact des températures moyennes minimums de février, d'autre part celui de la date d'apparition de la sécheresse estivale avec les quantités de pluie tombées depuis le début de la période de végétation jusqu'à cette dernière ou celui de la forme et de la distribution des pluies précédant immédiatement cette sécheresse. Dans le dernier cas, l'activité cambiale importante des arbres jeunes paraît seule efficacement affectée.

Parmi les précipitations précédant la sécheresse, il y a donc lieu de distinguer celles qui interviennent tardivement de celles qui, précoces, sont essentiellement impliquées dans l'importance de l'accélération maximum de l'activité cambiale.

5°) Les ralentissements et les arrêts de l'activité cambiale, qui se produisent surtout en août mais aussi en juillet voire juin et septembre, peuvent être mis en rapport avec la sécheresse estivale, leur intervention se produisant en général peu de temps après l'installation de cette dernière. Aucune particularité du climat annuel ne permet cependant d'expliquer les cas exceptionnels de ralentissements passagers plus ou moins antérieurs à ceux qui sont liés à cette sécheresse.

La fréquence relative des ralentissements et des arrêts provisoires d'activité peut être reliée aux précipitations de la saison de végétation antérieure à la sécheresse (grossièrement de mars inclus à cette dernière). Sur l'ensemble des cas où n'interviennent pas de reprises d'activité, l'étalement des dates de mise en place des 95 % du nombre total de cellules présente la même relation.

6°) L'intervention de reprises de l'activité cambiale en août, septembre ou octobre paraît grossièrement liée aux précipitations passagères rompant des périodes de sécheresse absolue. Ces précipitations « déclencheurs » peuvent avoir un rôle différé; elles ne sont pas obligatoires. Leur influence, indépendante de leur importance, semble tenir essentiellement au contraste qu'elles créent avec la sécheresse qui les précède.

Les périodes globales de reprises peuvent être mises en relation avec la date d'intervention de la sécheresse estivale. Le délai d'apparition des premières reprises après le début de cette sécheresse trouve une liaison avec l'importance des pluies de la période de végétation antérieure à elle. La date des reprises les plus tardives semble pouvoir être mise en rapport avec la fréquence des pluies orageuses de l'été.

L'importance des reprises, qui peut être chiffrée en nombre de cellules absolu ou relatif au nombre total de cellules formées au cours de l'année, est indépendante des conditions climatiques contemporaines de ces reprises ou immédiatement antérieures à elles. Un facteur représenté par l'inverse de l'épaisseur du cerne de l'année précédente paraît seul apte à expliquer les variations de cette importance au cours des trois années étudiées. L'influence du passé de l'arbre, déjà manifeste au niveau de l'accélération de l'activité cambiale au début de la période de végétation, se retrouverait donc jusque dans ses dernières manifestations.

7°) L'arrêt de l'activité cambiale s'opère en septembre, octobre ou même novembre sans qu'aucun événement climatique immédiat puisse être directement impliqué; il est la résultante de toute l'histoire annuelle antérieure du cambium. La liaison étroite qui existe entre les dates d'arrêt chez les arbres jeunes et les pluies de mars à juillet, entre ces mêmes dates chez les arbres vieux et les pluies de janvier à juillet autorise même l'hypothèse d'une capacité plus grande pour les arbres vieux que pour les arbres jeunes de mettre à profit les réserves d'eau précocement accumulées.

Au terme de cette analyse il apparaît que si les arbres jeunes et vieux se distinguent par leur sensibilité différente à certains événements climatiques, les relations cerne-climat annuel n'en sont pas moins, dans leur ensemble, comparables. Il y a lieu de souligner le rôle primordial des températures minimums dans la première phase de l'activité cambiale relayé par celui des précipitations de la période de végétation qui précède la sécheresse estivale et de ne pas oublier le rôle non négligeable du passé de l'arbre.

Relations pousses-climat.

Trois arbres jeunes ont été analysés. Dans l'étude détaillée de la croissance des pousses au cours des années

1969, 1970 et 1971, les pousses monocyclus ont été distinguées des pousses polycycliques fréquentes au niveau de la flèche et des branches adjacentes. La croissance des pousses à la base et au sommet des arbres a aussi été considérée.

La recherche des relations pousses-climat a donné les résultats suivants.

1°) La longueur et la fréquence des divers types de pousses varient en accord avec les grands traits de variation du climat annuel et notamment des pluies.

2°) Le début de la croissance active des pousses, qui intervient approximativement mi-avril et présente un décalage entre la base et le sommet des arbres, peut être mis en rapport avec les températures minimums moyennes de mars, des températures basses retardant son déclenchement; il est possible de reconnaître aussi, dans ses variations, un écho direct des conditions de croissance de l'année antérieure.

3°) L'accélération maximum des vitesses d'allongement, centrée sur début mai, ne coïncide avec aucun événement pluviométrique précis. Les variations de sa date d'intervention semblent par contre liées aux températures minimums moyennes d'avril: des températures supérieures à 10 °C depuis 10 jours au moins paraissent nécessaires à son apparition.

4°) Les périodes d'allongements les plus importants qui succèdent immédiatement à la phase des accélérations maximums sont inflexibles et, semble-t-il, affranchies des conditions externes; elles correspondent invariablement à fin mars et début juin. Il apparaît que les quelques phases temporaires de ralentissements inexplicables de la mise en place des cernes coïncident avec la fin de ces périodes d'allongements les plus importants.

5°) La fin de la période de croissance active des pousses monocyclus (fin mai, début juin à la base des arbres, juin au sommet) semble dépendre beaucoup plus des conditions de croissance de l'année antérieure que celle (fin juin, juillet) des pousses polycycliques pour lesquelles l'intervention des pluies tombées depuis le début de la saison de végétation jusqu'à la sécheresse et éventuellement la forme et la distribution des pluies précédant immédiatement cette dernière semblent aussi avoir une importance. La tendance des pousses polycycliques à répondre plus fidèlement que les pousses monocyclus aux conditions météorologiques actuelles tient probablement à leur mode de formation.

6°) La durée de la période de croissance active avec laquelle la longueur de la pousse présente une corrélation significative est surtout fonction de son terme.

7°) Le temps qui sépare la fin de la période de croissance active de l'arrêt total des allongements et au

cours duquel s'élabore en partie au moins le bourgeon terminal varie entre les années et les divers types de pousses. Chez les pousses polycycliques du moins, il semble écourté par les précipitations tardives de la saison de végétation précédant la sécheresse.

Températures minimums moyennes dans les premières phases de la période d'allongement, pluies ensuite, la même succession d'événements climatiques que pour les cernes intervient au niveau des pousses, mais il ne s'agit pas exactement des mêmes événements et l'intervention des pluies est beaucoup moins nuancée. Par deux fois, un écho des conditions climatiques de l'année précédente se retrouve encore.

Relations aiguilles-climat.

En raison du caractère polycyclique du Pin d'Alep, les aiguilles formées au cours des cycles successifs de croissance ont été considérées séparément chaque année. Ces aiguilles s'allongent avec un certain délai après le début de l'allongement des pousses, plus long pour les aiguilles des cycles d'ordre élevé que pour celles du premier.

Bien que les rôles de la croissance des pousses et des facteurs climatiques influant sur cette croissance soient de fait impossibles à déceler dans la croissance même des aiguilles, certaines relations directes de cette croissance avec les précipitations et éventuellement les températures apparaissent.

1°) Au niveau des aiguilles des pousses de premier cycle et des aiguilles de certaines deuxième pousses, les quantités de pluies de la période de végétation antérieure à la sécheresse présentent un parallélisme certain avec les variations de la longueur totale des aiguilles d'une année sur l'autre. Les périodes d'allongement maximum peuvent être mises en relation avec des précipitations dont il y a lieu de considérer, comme pour les pousses, l'importance mais aussi la forme et la distribution. Certains ralentissements d'activité coïncident avec des périodes de températures maximums moyennes exceptionnellement élevées. Les plus hautes températures de l'année et la fin de l'allongement sont apparemment liées.

2°) Au niveau des aiguilles de certaines deuxième pousses, des troisième et éventuellement quatrième pousses annuelles, les allongements importants correspondent souvent à des pluies tardives qui semblent jouer un rôle de «révéléateur» pour la plus grande partie d'un potentiel de croissance non encore exprimé (en raison, par exemple, de la pluviométrie de la période de végétation antérieure à la sécheresse estivale) et dont l'épuisement débouche sur l'arrêt définitif des allongements.

Dendroclimatologie du Pin d'Alep.

Au terme de la recherche des influences du climat sur la croissance radiale et longitudinale du Pin d'Alep, une séquence de cerne, longue de 36 ans, répétée sur 24 arbres de 60, 80, 100 et 140 ans environ, a été analysée au moyen d'une analyse multifactorielle des correspondances (analyse en composantes principales perfectionnée) et à la lumière de l'ensemble des résultats obtenus. Elle précise certains de ces résultats et apporte quelques informations supplémentaires précieuses pour la dendroclimatologie du Pin d'Alep.

L'analyse porte sur la distribution de fréquence annuelle de 6 classes d'épaisseurs de cerne. Trois facteurs principaux d'allongement du nuage de points, classes et années, considérés peuvent être distingués qui ont des valeurs propres respectivement égales à 0,50, 0,26 et 0,05 et qui représentent 62,1, 26,6 et 7,2 % de l'inertie totale.

Il ressort de l'examen de la distribution des points du nuage projetés sur le premier axe factoriel que ce dernier peut être interprété comme le produit de la pluie de la période de végétation précédant la sécheresse estivale et des conditions de croissance de l'année antérieure exprimées par l'épaisseur du cerne formé au cours de cette année (une expression chiffrée comparable des deux termes du produit est utilisée). Cette interprétation du premier axe factoriel suppose la prise en considération des températures minimums moyennes de février qui ont une incidence sur la durée de la période des pluies « utiles » antérieures à la sécheresse et qui, voisines de -4°C ont inévitablement des conséquences néfastes pour le cerne. Elle implique aussi la prise en considération du rapport des pluies entre chacune des deux moitiés de la période de végétation antérieure à la sécheresse.

D'après le regroupement des classes d'épaisseur et des années lors de leur projection sur l'axe, le deuxième axe factoriel, non climatique, s'interprète comme l'expression de l'idiosyncrasie des individus. Il apparaît que des conditions météorologiques moyennes favorisent la manifestation maximum de cette idiosyncrasie.

La signification du troisième axe reste obscure.

Discussion et conclusions.

Au terme d'une étude qui met l'accent sur le rôle des conditions climatiques de la période de végétation antérieure à la sécheresse estivale et qui minimise le rôle des températures estivales et des pluies d'automne pourtant souvent très abondantes, se pose le problème de la signification de certaines définitions théoriques du bioclimat méditerranéen qui sont basées sur les totaux annuels des pluies et les températures maximums des mois les plus chauds.

La répercussion des conditions de croissance de l'année précédant la formation d'un cerne sur la formation de ce dernier (condition exprimée dans l'épaisseur du cerne de l'année précédente et dont l'effet multiplicateur du principal facteur climatique annuel est mis en évidence) suggère l'existence à tous moments chez l'arbre d'une marque de son passé récent mais aussi de son passé ancien.

L'existence en région méditerranéenne de facteurs contraignants pour le cerne augure bien de l'établissement et du développement d'une dendroclimatologie fondée sur les mêmes principes que celle qui se pratique sous des climats très contrastés.

Le rôle déterminant de pluies tombant à des périodes bien précises suggère la possibilité d'une politique d'intervention sur la croissance du Pin d'Alep.

ANALYSES D'OUVRAGES

A. GALOUX. — La chênaie mélangée calcicole de Virelles-Blaimont. Flux d'énergie radiante, conversions et transferts dans l'écosystème (1964-1967). Travaux de la Station de Recherches des Eaux-et-Forêts Groendaal-Hoeilaart, Belgique, Série A, n° 14, 124 pages, 8 figures, 19 tableaux, tables I à VIII hors texte.

Pour l'écologiste en général, comme pour le spécialiste des milieux forestiers la série des travaux publiés par le Professeur GALOUX et ses collaborateurs représente une somme d'informations scientifiques d'une rare qualité et combien précieuse pour comprendre le fonctionnement d'un écosystème traditionnellement et abusivement exploité par l'homme. Après avoir présenté la station éoclimatique (publication même série, n° 12, 1967, 52 pages), puis étudié les échanges radiatifs et convectifs en phase hivernale (publication même série, n° 13, 1968, 52 pages), le Professeur GALOUX expose les résultats de ses recherches sur les processus écologiques d'échanges d'énergie et de matières dans une chênaie mélangée près de Chimay, à quelques kilomètres de la frontière franco-belge. L'équipement de la station éoclimatique a permis d'enregistrer 48 signaux différents porteurs d'informations fournies par des capteurs disposés sur un profil vertical de — 1 mètre à + 25 mètres.

Les résultats de cette importante étude écologique rendent compte des observations effectuées de 1964 à 1967. Le maximum de données simultanées ayant été recueillies en 1967, année dont les paramètres de pluviosité et d'ensoleillement sont voisins de la moyenne pour le région.

Nous sommes reconnaissant à Monsieur le Professeur GALOUX d'avoir bien voulu nous autoriser à reproduire le résumé et les conclusions des recherches de son équipe et les présenter en 29 points aux lecteurs de cette revue.

1. Le rayonnement incident (G) s'élève pour les années 1965, 1966 et 1967 à plus de 113 % des montants enregistrés à Uccle (Bruxelles) (altitude = 100 m).

2. Le coefficient d'albédo de la chênaie est plus élevé lorsque le disque solaire est bas sur l'horizon

(lever et coucher), que lorsqu'il est haut sur l'horizon (midi); il est plus élevé par ciel couvert que par ciel serein; il est plus élevé en phase feuillée (15,5 % par ciel serein et, 19,5 % par ciel couvert) qu'en phase défeuillée (11,2 % par ciel serein et 16,6 % par ciel couvert).

3. Le rayonnement intercepté par le couvert arborescent en phase feuillée s'élève à 78,9 % par ciel serein et 72,4 % par ciel couvert, par rapport au rayonnement global incident (G). En phase défeuillée, l'interception est de 68,8 % (ciel serein) et 44,4 % (ciel couvert). Le seul feuillage des arbres intercepte environ 28 % par ciel couvert.

4. Il a été vérifié que l'extinction du rayonnement global se traduit par une équation de forme exponentielle négative (Loi de Beer).

5. Le coefficient annuel moyen de transmission du rayonnement global au tapis herbacé est de 7,9 % en phase feuillée contre 35,8 % en phase défeuillée.

6. L'évolution décadaire des flux réfléchis, intercepté, transmis a été interprétée en fonction de l'évolution phénologique de la forêt.

7. Le flux de rayonnement de courtes longueurs d'onde photo-synthétiquement actives a été interprété en terme de relation lux-calorie. Celle-ci a permis d'avoir une idée de la proportion de lumière dans le flux de rayonnement respectivement incident, réfléchi, transmis. Pour le rayonnement incident, elle est plus importante par ciel couvert que par ciel serein. Le rayonnement global transmis contient 6,5 fois moins de lumière que le rayonnement global incident (en 1966, période feuillée), ce qui traduit les modifications spectrales par le couvert chlorophyllien.

8. Le rayonnement émis par l'atmosphère est donné par décade de avril à décembre 1967. Les variations décadaires sont faibles; néanmoins on remarque qu'aux périodes de forte nébulosité correspondent des montants un peu plus élevés. La variation annuelle montre une tendance générale à l'élévation en août-septembre et une lente diminution durant l'automne.

9. Le flux de rayonnement émis par les surfaces végétales accuse un rythme circadien très net avec dé-

phasage sur le rayonnement global incident. Un déphasage se remarque également en été, avec un rayonnement maximum à la fin du mois de juin.

10. Le bilan de grandes longueurs d'onde est presque toujours négatif; néanmoins, plusieurs cas de bilans positifs sont observés par ciel couvert au-dessus de surfaces froides en hiver.

11. Pour la chèneaie mélangée à haut coefficient d'albédo, le bilan radiatif net au-dessus du couvert végétal s'élève à 47 % du rayonnement global incident (contre 70 % pour les conifères à faible albédo).

12. L'analyse des coefficients d'échauffement des biomasses, de même que celle d'une relation entre le bilan de rayonnement de grandes longueurs d'onde et celui de courtes longueurs d'onde ont été faites selon la suggestion de GAY, L.W. (1970) ($Q_2 = (a_2 - 1) Q_1 + b_2$ avec $a_2 - 1 = \lambda$).

Les valeurs de λ sont plus élevées par ciel serein que par ciel couvert. La moyenne annuelle de a_2 s'élève à 0,9186. Pour un même accroissement de Q_1 , la valeur négative du bilan de grandes longueurs d'onde augmente d'avantage en phase feuillée qu'en phase défeuillée, ce qui implique que pour un même accroissement de Q_2 , le bilan radiatif net s'accroît d'avantage en hiver qu'en été.

13. Le bilan radiatif net au-dessus du tapis herbacé en pourcent du bilan net au-dessus du couvert est d'environ 7,6 % en juillet, 8,4 % en août. Après la chute des feuilles, les bilans au-dessus des arbres et au-dessus du tapis herbacé se rapprochent sensiblement et vont jusqu'à une inversion vers la fin décembre, montrant que les surfaces les plus actives des échanges sont devenues celles du tapis herbacé sempervirent et du sol.

14. On a tenté d'assimiler l'écosystème à un système thermodynamique à processus irréversibles constitué de deux phases ouvertes (I: êtres vivants, II: milieu ambiant) échangeant seulement de l'énergie avec l'espace.

15. Au cours des processus d'échanges durant la période de végétation 1967, il a été vérifié que la conservation des masses étaient approximativement acquies à travers le flux de matières.

16. La conversion d'énergie radiante en énergie calorifique, les transferts et échanges dans les biomasses (phase I) ont été mesurés heure par heure durant l'année 1967, respectivement sur les 3 masses distinctes tronc, branches, feuilles. L'augmentation journalière maximum est importante ($2,0 \text{ cal/cm}^2/\text{jour}$) en raison du rapport élevé surface/masse. Le stock calorifique maximum est atteint vers la mi-juillet, le stock mini-

mum en janvier-février. Il y a donc déphasage sur les valeurs maximum et minimum du flux de rayonnement global incident.

17. Le stockage de chaleur dans l'air intérieur (phase II) est très faible (maximum $1,39 \text{ cal/cm}^2/\text{jour}$, soit 0,6 %).

18. Le stockage de chaleur dans le sol (phase III) est plus important. Son établissement a nécessité le calcul du flux de chaleur dans 3 horizons successifs à constitutions très différentes en terre fine, cailloux, eau et racines. Il a été calculé heure par heure à partir des gradients thermiques et en tenant compte des variations journalières de la teneur en eau dans chacun de ces horizons. Les transferts calorifiques peuvent être élevés (jusqu'à $33 \text{ cal/cm}^2/\text{jour}$) au printemps et à l'automne. Le stock calorifique maximum se situe vers la fin juillet, soit avec un déphasage d'au moins 3 semaines sur les montants maximum de flux de rayonnement global incident.

19. La méthode d'étude des conversions, des transferts et des échanges dans les flux de vapeur et d'air turbulent est celle du bilan d'énergie et du rapport de Bowen. Toutes les valeurs indiquées dans les tables et tableaux résultent de l'application de ce rapport.

20. Les nombres de passage dans les flux de chaleur en fonction de la vitesse du vent ont été établis à partir d'un certain nombre de journées à ciel serein.

21. Les gradients de température de l'air et de densité de vapeur sont donnés sous forme de valeurs horaires moyennes aux niveaux 16,00 — 25,00 et 2,00 — 16,00 m, de même que les températures et les densités de vapeur à 16,00 m au niveau des surfaces supérieures des feuillages.

22. Les gradients de température au-dessus du couvert sont positifs le jour et négatifs la nuit, sauf en décembre où ils sont constamment négatifs. Sous le couvert en phase feuillée, les gradients de part et d'autre des surfaces actives sont inverses l'un de l'autre de nuit comme de jour, compte tenu des inversions nycthérmérales.

23. Durant la phase feuillée, les gradients horaires moyens de tension de vapeur sont positifs durant le jour, ce qui indique le sens général vers le haut du flux de vapeur. Ils restent positifs durant toutes les heures de la journée durant le mois de juin 1967.

24. Les coefficients d'échange ont été calculés pour juillet 1967, à partir des montants de chaleur sensible échangée, pour 1 m de hauteur réduite avec niveau de référence de 25,00 m. Ils sont comparables à ceux obtenus en hêtraie et en pineraie.

25. Les transferts résultants de chaleur sensible (K) au niveau des surfaces air/végétation (de la phase I à la phase II et vice versa) ont été calculés heure par heure en 1967. Les montants horaires mensuels moyens maximum se situent en juillet à 13,00 h (42,5 % du bilan net). De la comparaison avec d'autres types de forêt, il résulte que le transfert dans l'air turbulent exprimé en pourcentage du bilan net est de 29 % pour la chênaie de Virelles (1967), 34 % pour la pineraie (Berlin, 1967), 33 % pour la pessière (Munich, 1965) et 14,6 % pour la hêtraie (Solling, 1970).

26. Les transferts de chaleur sensible de la phase II vers la phase I (+K) sont assez importants de mai à septembre (inversions nocturnes de température); ils se montent à 34,8 % du seul flux de chaleur (—K) depuis les surfaces végétales vers l'air extérieur. Cette valeur doit être néanmoins prise avec réserve en raison de l'imprécision de la méthode de Bowen durant les périodes à faibles gradients de température (nuit).

27. Les transferts résultants de chaleur latente (V) (I vers II et vice-versa) sont les plus élevés et représentent en moyenne 67 % du bilan radiatif net. Le pourcentage —V/Q augmente lorsque le bilan Q diminue. Les valeurs horaires mensuelles moyennes accusent un maximum vers 13,00 h parfois 15,00 h en juillet. Durant le mois de juin, et même en juillet on remarque un fléchissement du flux de chaleur latente à la 14^e heure alors que le bilan radiatif net est près de son maximum. Le flux de chaleur latente conserve le même sens durant le jour pendant presque tous les mois de 1967, sauf en décembre où le sens s'inverse conformément au gradient négatif de densité de vapeur. Le pourcentage de chaleur latente dans le bilan radiatif net se monte, pour la période de végétation 1967, à 70 % dans la chênaie de Virelles, contre 65 % dans la pineraie (Berlin, 1967), 66 % dans la pessière (Munich, 1965), et 83,8 % dans la hêtraie (Solling, 1970).

28. Les transferts de la phase II vers la phase I (+V) s'élève à 7,1 % du flux de vapeur de I vers II (—V), soit beaucoup moins que pour la chaleur sensible.

29. Durant la phase feuillée, l'évapotranspiration juste au-dessus du tapis herbacé s'élève, pour 72 journées de juillet à septembre, à environ 12,2 à 22,6 % (moyenne 14,8 % dont 1,7 % revient à l'interception de l'eau d'égouttement par le tapis herbacé) de l'évapotranspiration totale au-dessus du couvert (dont environ 54,1 % de transpiration et 31,1 % d'interception par le couvert).

Cette proportion s'accroît vers la fin de l'été et surtout à l'automne (30 % en période de jaunissement

foliaire et de chute de feuilles). En phase défeuillée, l'évapotranspiration à 1,20 m du sol est approximativement égale à l'évapotranspiration totale au-dessus des arbres.

G. VANNIER.

Jean-Yves MONNAT, 1973. — *Bretagne vivante*. Colmar, Ingersheim éd. S.A.E.P. 240 p., 52 photographies et 45 dessins. 4 cartes. Collection *Animaux et Fleurs des régions de France*.

La collection « Animaux et fleurs des régions de France » est encore peu connue. Elle mérite pourtant l'attention des écologistes. Plusieurs volumes ont déjà paru, consacrés aux Vosges, à la Savoie, au Jura et enfin à la Bretagne. Les auteurs ne traitent que des Vertébrés à l'exception des Poissons. L'ouvrage est, à juste titre, dédié à la mémoire de Michel-Hervé JULIEN qui consacra sa vie professionnelle à la protection de la nature et suscita tant de vocations. C'est essentiellement une œuvre collective due à des naturalistes profondément attachés à leur province. Les textes ont été écrits par une quinzaine d'auteurs et J.Y. MONNAT a coordonné l'ensemble.

L'ouvrage débute par une présentation géographique courte mais excellente. Puis vient l'étude des Mammifères. Ce n'est pas une sèche énumération. Après quelques notes générales, les auteurs s'attachent plus spécialement à décrire la vie d'une espèce récemment arrivée dans l'Ouest, le Rat musqué, de deux autres disparues ou bien près de l'être, le Loup et la Loutre, et consacrent les pages bien documentées aux derniers Phoques gris des côtes bretonnes puis quelques autres, moins attrayantes, aux Cerfs. Les Oiseaux occupent la plus grande partie du volume et c'est justice étant donné leur importance dans la faune locale (plus de 330 espèces). Les auteurs ont choisi d'étudier les différents milieux bretons pendant le mois où le comportement des Oiseaux est le plus typique. Ils nous conduisent en janvier au Mont-Saint-Michel, en février dans les Landes de Lanvaux, en mars en presqu'île de Crozon puis successivement en Baie d'Audierne, au voisinage de Guérande, aux Sept Îles, dans les marais du Yeun-Elez, en pays léonard, à Ouessant, sur la côte du Léon pour le passage des migrateurs d'octobre (le meilleur chapitre) et le long des abers. L'année se termine en décembre dans le golfe du Morbihan. Ce mode de présentation laisse de toute évidence de côté de nombreux aspects de l'avifaune bretonne. Les espèces du bocage intérieur, en particulier, sont presque passées sous silence. Puis viennent de courtes monographies de quelques Oiseaux nicheurs particulièrement caractéris-

tiques, du Cormoran huppé au grand Corbeau, Là encore les espèces côtières occupent la première place. Quant aux Reptiles et Batraciens, les données les plus intéressantes concernent les localités de capture.

De tels ouvrages sont souvent empreints d'un lyrisme qui, quoique sympathique, devient parfois agaçant. Ce n'est pas le cas ici. Certes la beauté tendre ou sauvage des paysages bretons est toujours présente mais les auteurs sont des zoologistes et non des rêveurs. Ils nous livrent leurs carnets d'observations et leurs croquis.

Nous avons relevé quelques menues imperfections. Dans la liste des Mammifères de Bretagne, par exemple, le Phoque gris est le seul représentant des Pinnipèdes. Pourtant, d'autres espèces ont été signalées sur les côtes bretonnes : *Phoca vitulina*, *Pusa hispida* et même le Phoque moine non loin de l'estuaire de la Loire. La nomenclature serait également à revoir. Les auteurs ne traitent pas non plus des Cétacés. Les échouages de Globicéphales de la dernière décennie (Ile d'Yeu, côte du Trégor en particulier) ont pourtant suscité bien des commentaires. On peut également regretter l'absence des Poissons. Les dernières rivières à Saumons et à Truites auraient pourtant mérité quelques pages. L'absence totale de bibliographie est plus grave. Ce n'est pas un impératif de la collection puisque d'autres volumes en comportent. Or, les données concernant la Bretagne sont rares et les auteurs auraient dû signaler au moins la revue Penn ar Bed, si vivante, qui groupe les observations des naturalistes bretons et se taille tout doucement une place parmi les revues nationales de Sciences Naturelles.

Ces critiques ne sont pas fondamentales. Le lecteur trouvera dans ce volume une bonne initiation à la nature

bretonne. La présentation en est agréable, la typographie soignée, les clichés presque tous excellents. Les animaux sont bien replacés dans leur cadre écologique et géographique et en faisant appel à plusieurs reprises à l'autorité de Maurice LE LANNOU, les auteurs voient leur province par les yeux du géographe qui a sans doute le mieux compris le paysage breton.

M. C. SAINT GIRONS.

P. BANARESCU, M. BLANC, J.L. GAUDET, J.C. HUREAU.
— **Poissons des eaux continentales d'Europe, Catalogue multilingue.** Edité en accord avec l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Fishing News (Books) Ltd, 110, Fleet Street, London, EC4A 2JL, England.

Ce livre correspond à un parcours critique de tous les poissons d'eaux douces d'Europe. Pour chaque espèce, sauf quelques endémiques très localisées, un dessin de l'animal et une carte de répartition sont fournis.

Il ne fait aucun doute que ce livre est précisément le livre qui manquait et qu'il sera fort utile à tous les écologistes.

La grande compétence des quatre auteurs suffit à souligner la qualité d'un ouvrage très dépouillé, mais dont la qualité en fera un classique utile pendant des décennies.

A ce titre, il est indispensable sur la table de tout écologiste.

C. D. D.

VIE DE LA SOCIÉTÉ

COLLOQUE SUR L'ENSEIGNEMENT DE L'ÉCOLOGIE

SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE

LYON - 31 JANVIER - 1^{er} FÉVRIER

Ce Colloque placé sous le parrainage du Ministère de l'Environnement, de la Société d'Ecologie, et organisé par les Départements de Biologie végétale et de Biologie animale et zoologie de l'Université Lyon I, a rassemblé plus de 130 participants. Il s'est déroulé sous forme de débats généraux portant sur les thèmes suivants, répartis en 4 demi-journées :

1. Les enseignements de l'écologie pratiqués actuellement en France.

2. Problèmes particuliers à l'enseignement de l'écologie : forme des enseignements, les stations de terrain, le contrôle des connaissances, les assurances accidents.

3. La place de l'enseignement de l'écologie : formation préalable, interdisciplinarité, formation continue.

4. Prospective : l'avenir de l'enseignement de l'écologie : finalité, applications, environnement, débouchés.

Des personnalités représentant divers organismes ont participé aux débats :

- *Laboratoire d'Ecologie de Parme (Italie)* : M. MORONI.
- *Ministère de l'Environnement* : MM. BERNARD (Conseiller technique), CASSOUX (Délégué régional).
- *Préfecture du Rhône* : (Service Environnement) M. BLANC.
- *Conseil Supérieur de la Pêche* : M. BATIAS.
- *Agence financière du Bassin Rhône Méditerranée - Corse* : M. MOYEN.
- *C.E.P.E. - Montpellier* : MM. GODRON, JACQUARD.
- *C.N.R.S.* : M. BLONDEL (*Montpellier*) ; M. DOMMERGUE (*Nancy*).
- *ENGREF - Nancy* : MM. GUILLARD, JACAMON.
- *E.N.I.T.A.* : M. GRELON (*Angers*) ; M. DELORME (*Quétigny*).
- *E.N.S.* : M^{me} CATESSON, MM. MICHEHACISKI, TESTARD.
- *E.N.S.A. - Nancy* : M^{me} MORAND.
- *E.N.S.A.T. - Paris* : M. CERCEAU.

- *Institut Européen d'Ecologie - Metz* : M. PELT.
- *Institut Pasteur - Paris* : M. MOLLARET.
- *I.N.R.A.* : M. BOUCHE, M^{me} BOYER, CALLAMAND, MM. DELPECH, GRISON, OBATON, DE PARCEVAUX, M^{me} RICOU.
- *Muséum* : M. DUSSART (*Paris*) ; M. DELAMARE DEBOUDEVILLE (*Brunoy*).
- *ORSTOM* : M. BACHELIER.
- *Divers* : M^{me} et M. DOUCET, M. MERIGOT DE TREIGNY.
- *Universités* : GÉOGRAPHIE : M. BRAQUE (*Orléans*) ; M^{me} DOUGUEDROIT (*Aix-en-Provence*). — MÉDECINE : Dr FERRY (*Dijon*) ; Pr RIOUX (*Montpellier*). — PHARMACIE : M^{me} LEGER (*Paris*) ; M^{me} PIGNOL (*Nancy*). — SCIENCES NATURELLES : *Banyuls* : MM. COINEAU, PRODON - *Bezançon* : M. FRANÇOIS, M^{me} GAIFFE, MM. GUYE-TANT, PERNOT, QUANTIN, REAL, ROBERT - *Brest* : M^{me} PENOT - *Chambéry* : M. GAUTIER - *Clermont-Ferrand* : MM. LARFENT, LOISEAU, M^{me} MOLLET, M. DE PUYTORAC - *Dijon* : MM. BUGNON, FROCHOT - *Lille* : MM. BIAYS, BOILLY, BONNOT, M^{me} FAURE, MM. MOUZE, PETIT, TOMBAL, VIVIER - *Limoges* : M. GNESTEM, M^{me} MOREL-VAREILLE, M. VILKS - *Lyon* : MM. BARDIN, BEAUPIED, BOURNAUD, CAILLERE, DUCRUET, M^{me} FAURIE, M. FAYARD, M^{me} FIASSON, FONTAINE, M. GINET, M^{me} GOUNOT, MM. GOURBIERE, JUGUET, LEBRETON, LEGAY, MATHIEU, MOIROUD, NELVA, PATTEE, PERRIER, RICHOUX, M^{me} ROUX, TACHET, VILAIN - *Marseille* : MM. ARCHILOQUE, AUBERT, BOREL, BRUN, CHAMPEAU, DEVAUX, GIUDICELLI, LEGIER, MUSSO, NEGRE, POINROT, SANTUCCI - *Montpellier* : M^{me} CASSAGNE-MEJEAN, MM. CHEVASSUT, LUMARET - *Nancy* : M^{me} BARRET - *Nantes* : M. GRUET - *Nice* : MM. BERNARD, FREDJ, VAISSIERE - *Paris* : MM. GUITTET, LEBERRE, LEMEE, LOUVEAUX, MEUNIER, RAFFIN, RIDET, SOUCHON - *Poitiers* : M. ALAPHILPPE - *Rennes* : MM. DAGUZAN, LEFEUVRE - *Rouen* : MM. DUPONT, FRILEUX, LOQUET, PELTIER, M^{me} TOURAIN - *Strasbourg* : M. GOUNOT - *Toulouse* : M. CASSAGNAU, M^{me} MESTRE.

I. — LES ENSEIGNEMENTS D'ÉCOLOGIE PRATIQUES EN FRANCE

Séance du 31-1-1974 matin

Président de séance : Professeur Lemée, assisté du Professeur Wautier.

Ouverture de la séance : 9 h 40 par une allocution de bienvenue prononcée par le professeur Boidin, Président de l'Université Lyon I.

Après les vœux formulés pour la réussite de ce colloque, le professeur Nègre^(*) prend la parole pour présenter le rapport sur le thème : « Les enseignements de l'Ecologie pratiqués en France ».

(rapport de M. NÈGRE)

Les documents rassemblés avant le Colloque ou transmis pendant celui-ci proviennent de six organismes entièrement ou en partie extérieurs à l'Université (Direction générale de l'Enseignement et de la Recherche du Ministère de l'Agriculture — par l'intermédiaire de l'INRA de Rouen —, Ecole nationale des Ingénieurs du Génie rural, des Eaux et Forêts de Nancy, Ecole nationale supérieure d'Agriculture de Montpellier, Institut européen d'écologie de Metz, Institut national agronomique de Grignon, Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer), de quinze universités (Aix-Marseille I, II, III, Besançon, Bordeaux, Clermont-Ferrand, Dijon, Lille, Lyon I, Metz, Nice, Paris-Orsay, VI, VII et Ecole Normale Supérieure, Rennes, Strasbourg I et III, Toulouse). Bon nombre d'universités et aucune Faculté de Médecine, où l'écologie est pourtant enseignée, n'ayant pas répondu à l'appel des organisateurs, cette documentation est fort incomplète; le rapport de synthèse ci-dessous ne peut donc prétendre présenter un tableau exhaustif des enseignements pratiqués en France. Néanmoins, après une analyse aussi impartiale que possible mais peut-être pas exempte d'erreurs, car à travers la sécheresse des programmes, il n'est pas toujours facile de déceler les intentions des enseignants, il s'efforcera de dégager quelques conclusions pouvant orienter les discussions.

De la trentaine de documents reçus se dégagent d'emblée deux impressions. D'abord, quatre Universités seulement semblent distribuer un enseignement d'écologie marine : c'est bien peu en regard des trois côtes maritimes de l'Hexagone et de l'importance de la mer pour notre vie à tous. Ensuite, mais il fallait s'y attendre, les programmes sont généralement marqués au sceau de la plus grande hétérogénéité; font toutefois exception ceux de l'enseignement secondaire non agricole (dont très peu de documents se préoccupent parce que, sans doute, les lignes en sont tracées *ne varietur* par le Ministère de l'Education nationale), et ceux des lycées agricoles. Ceux-ci seront examinés en premier, avant les enseignements donnés dans les Universités, les grandes écoles et Offices.

I. — L'ENSEIGNEMENT DE L'ÉCOLOGIE DANS L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE

À côté des tentatives d'enseigner cette science dans le cadre des programmes de Sciences naturelles dans les lycées dépendant du Ministère de l'Education nationale (dans les conditions de travail de ces établissements, il est difficile de dépasser le stade descriptif des facteurs du milieu pour entrer dans celui des inter-relations au sein des écosystèmes), l'enseignement de l'écologie dans les lycées agricoles dépendant du Ministère de l'Agriculture prend une place de choix. Cet enseignement bien structuré, effectué par périodes et en grande partie sur le terrain, prépare les élèves à recevoir le brevet de technicien supérieur.

En classes de seconde et de première, les élèves sont sensibilisés aux problèmes écologiques par l'étude de quelques milieux naturels et cultivés; cette étude laisse une place importante à l'observation biologique et à la taxinomie, base indispensable de l'écologie. Cette étude est conduite par une équipe d'enseignants (biologistes, techniciens) et coordonnée par l'un d'eux.

En classe terminale l'effort d'enseignement porte d'abord sur les interrelations existant dans les milieux précédemment choisis, puis déborde leur cadre : notion

(*) Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques de Saint-Jérôme, Laboratoire de Taxinomie et d'Ecologie végétales, traverse de la Barasse, 13013 - Marseille.

de chaîne alimentaire action du milieu sur les êtres vivants, action des êtres vivants entre eux — les notions de symbiose et de compétition conduisant à celles de lutte biologique —, biocénose et écosystème (la dynamique des populations étant incluse), action de l'homme (protection de la nature, aménagement du territoire, pollutions).

Au niveau du baccalauréat, l'élève a ainsi en mains non seulement les connaissances de base indispensables en écologie mais également le moyen de les exploiter d'une manière concrète.

II. — L'ENSEIGNEMENT DE L'ÉCOLOGIE AU NIVEAU DU B.T.S.

Cet enseignement est distribué dans le cadre d'établissements spécialisés, tel la classe de Neuvic d'Ussel (Corrèze), et prépare en deux ans à l'obtention du B.T.S. (Brevet de technicien supérieur) agricole spécialité Protection de la Nature. Celui-ci atteste le niveau de cadre de secteur rural.

L'enseignement devant non seulement permettre de distribuer les connaissances de base nécessaires mais surtout d'en effectuer les synthèses interdisciplinaires, le cadre rigide de l'horaire hebdomadaire (qui entrave tout travail sérieux dans les lycées dépendant de l'Éducation nationale) est abandonné au profit d'un planning plus souple où des stages de sensibilisation, de formation, de probation — ce dernier fournissant matière à rapport — trouvent naturellement une place importante. Six semaines en première année, huit en seconde et un mois d'été leur sont réservés. Leurs thèmes sont particulièrement adaptés au réel; étude d'un cas concret qui se pose dans un Parc (de tous les points de vue agricole, juridique, touristique, conservation du patrimoine...), aménagement (aspects financiers, réalisation des travaux, implantation des installations, étude biologique de terrain en vue de la Protection de la nature, étude synthétique d'un écosystème (à l'aide des données recueillies durant les deux ans d'étude sur un sujet précis) etc.

L'ensemble de ces stages complète les 280 heures d'enseignement théorique et dirigé distribué au cours des deux années au titre de l'écologie. Celui-ci comprend une partie de mathématiques nécessaires à la compréhension des écosystèmes, une partie physico-chimique utilisée pour l'analyse des facteurs abiotiques du milieu ceux-ci étant regroupés sous les deux rubriques bioclimatologie et substrat, une partie plus strictement écologique.

Cette dernière est subdivisée elle-même en deux unités : productions (140 heures) et écologie appliquée

(300 heures). Sont alors approfondies toutes les notions entrevues au lycée, entre autres l'auto- et la synécologie, et largement abordées les principales dégradations des milieux, pendant que sont décrites les méthodes de leur restauration. L'utilisation rationnelle du milieu naturel (équilibre agro-sylvo-pastoral, restauration en zone urbaine, maintien des sites biologiques, lutte intégrée, Parcs régionaux et nationaux, voies de communication et urbanisation), complète ce programme.

Tout cet enseignement est axé sur la nécessité de former des techniciens de terrain physiquement bien entraînés, possédant non seulement de solides connaissances écologiques, mais encore le moyen de les utiliser pour la gestion de l'espace naturel et de les communiquer à des auditoires variés français ou étrangers. Bien structuré il débouche directement sur la vie courante.

III. — L'ENSEIGNEMENT DE L'ÉCOLOGIE DANS LES UNIVERSITÉS, GRANDES ÉCOLES ET ÉTABLISSEMENTS ASSIMILÉS

L'analyse des documents provenant de ces établissements ne peut, faute de place, être rapportée *in extenso*. L'hétérogénéité des enseignements n'en est cependant pas moins évidente. Elle s'exprime à la fois au stade des niveaux et au stade des conceptions.

III.1. AU STADE DES NIVEAUX

III.1.1. Premier cycle

Les programmes visent essentiellement à sensibiliser les auditoires (École Nationale supérieure des Beaux Arts de Paris, DEUG A à Marseille III où sont abordées les relations entre l'écobiologie et les Sciences exactes) ou à fournir déjà les bases sur lesquelles reposeront les enseignements de second cycle (premier cycle de géographie à Strasbourg; DEUG B à Rennes; écologie appliquée — nuisances et pollution —, fonctionnement d'un Ecosystème, dynamique des communautés à Orsay; évolution biologique et explosion de la vie, grands équilibres biologiques, émergence humaine et invention du futur à l'Institut européen d'écologie de Metz).

III.1.2. Second cycle

Une note d'uniformité marque tous les programmes de la *Maîtrise de Sciences naturelles* distribués dans

l'ensemble des centres universitaires, où sont généralement traités d'une part les facteurs écologiques, d'autre part le fonctionnement des écosystèmes ; il faut fournir aux futurs maîtres les bases de leurs connaissances.

Pour ce qui est de la recherche, trois tendances se dégagent :

— soit encore rester à un niveau peu spécialisé tout en utilisant des exemples régionaux (le climat et la végétation méditerranéenne envisagés à la fois du point de vue des transferts d'énergie et des rapports entre milieu et végétation) comme on le fait à l'Institut de géographie d'Aix-Marseille II ;

— soit aborder dans le cadre des C_3 ou des C_4 des problèmes déjà plus précis (évolution des écosystèmes, structures temporelles ou trophiques à Orsay ; écologie des eaux continentales, écologie marine à Bordeaux ; productivité, géomorphologie, écophysiologie, pollutions à Strasbourg où les Botanistes travaillent en liaison avec les Géographes et les Pharmaciens ; génécologie, groupes écologiques, écoespèces, équilibres biologiques comme à Rennes ou à Marseille III) ; à noter que Marseille III et Orsay disposent dans leur campus de terrains équipés en matériel lourd ou non, mais permettent une étude continue du milieu ;

— soit toujours dans le cadre des C_4 , aborder une franche spécialisation (Océanographie générale très orientée vers les écosystèmes marins et surtout Pollutions) comme à Marseille II où l'UER Sciences de la Mer et les Pharmaciens l'ont entreprise depuis quelques années.

III.1.3 Troisième cycle.

Plus orientés vers d'éventuels débouchés, ces enseignements sont dans l'ensemble plus spécialisés que les précédents. Ou bien ils constituent des fractions de DEA (par ex. à Marseille II avec la biochimie écologique et les pollutions en milieu marin, à Marseille III où ils sont centrés sur la transformation de la matière verte en matière organique du sol en montagne, donc revêtent un aspect très biochimique, ou à Metz où les programmes portent surtout sur la Toxico et la Physiologie, les plantes et les pollutions chimiques). Ou bien, ils forment à eux seuls la matière du diplôme : c'est le cas à Rennes (DEA d'halieutique, d'Écoéthologie, DESS guide de la nature formant les enseignants — animateurs de Parcs nationaux et régionaux), à Rouen (DESS de l'Environnement et Pollution où participent non seulement des Ecologistes mais aussi des Physiciens, des Chimistes, des Médecins et le Service des Mines).

Le recyclage des fonctionnaires dans le cadre de la Formation permanente s'effectue sous deux formes principales : soit dans le cadre de Centres de Perfectionnement (tel celui de Strasbourg I pour l'aménagement des

milieux naturels) ou de Diplômes d'Universités (études technologiques et juridiques des pollutions et nuisances de Strasbourg III) ; soit dans le cadre d'une organisation à l'échelon national (Cours post-universitaire pour l'étude et l'aménagement du milieu naturel organisé à Paris-Toulouse-Montpellier par la DGRST avec le concours du Ministère de l'Éducation nationale et l'UNESCO).

III.2. AU STADE DES CONCEPTIONS.

L'examen des programmes montre que s'enseignent sous couvert d'écologie des choses assez disparates : ce terme peut en effet être pris dans des sens très divers. Pour les uns il ne s'applique qu'à l'étude du milieu, ou à celles des interrelations à l'intérieur des écosystèmes, pour d'autres il recouvre des disciplines voisines (Géologie, Physiologie animale : métamorphoses des Insectes à Marseille I, Physique, Phytosociologie pure à Marseille I, III, Montpellier ENSA, etc.). En outre, l'écologie peut être soit considérée comme un tout et on s'efforce de faire coopérer réellement les diverses disciplines dans un effort de synthèse, soit centrée sur des objectifs particuliers : animal, végétal, homme.

De ce point de vue, et en schématisant un peu, les enseignements se répartissent en cinq groupes.

III.2.1. Géomorphologie et autres.

Le meilleur exemple est certainement fourni par le thème du cours distribué à l'ORSTOM sous le titre : Erosion et Conservation des Sols ; il est tout entier axé sur les propriétés physiques des sols, les formes d'érosion et les moyens de lutte contre celles-ci.

III.2.2. L'animal centre d'intérêt.

On retiendra deux enseignements très caractéristiques. A l'ORSTOM, les trois cours de microclimatologie et comportement de l'insecte, des populations fauniques des sols, d'écologie animale. A Paris VI, le DEA d'Écologie animale, avec surtout trois ensembles : technologie, dynamique, énergétique des populations, des peuplements terrestres, dulcaquicoles et saumâtres.

III.2.3. Le végétal centre d'intérêt.

Tous les enseignements (par ex. ceux de l'ENSA de Montpellier, de INA) ont de nombreux traits communs. Après les méthodes d'étude, les facteurs du milieu, la dynamique et le déterminisme des groupements végétaux, sont abordés les problèmes d'adaptation, de

chorologie et de cartographie. Sur ce canevas général chacun brode en fonction d'une spécialisation précise (typologie des prairies, types de végétation post-incendie par exemple).

III.2.4. *L'animal et le végétal centre d'intérêt.*

Les enseignements peuvent être groupés ou non sous un même chapeau écologique et être soit bien distincts soit au contraire intimement associés.

III.2.4.1. Enseignement concernant l'animal et le végétal bien distincts sans chapeau.

Le C₄ Ecologie générale de Marseille I est le type d'une simple juxtaposition d'enseignement (animal : écosystème, dynamique des populations animales, physiologie ; végétal : facteurs du milieu, phytosociologie, cartographie végétale).

III.2.4.2. Enseignements concernant l'animal et le végétal sous un même chapeau.

A Clermont-Ferrand sont étudiés, outre les aspects ci-dessus, les répercussions des facteurs édaphiques sur les êtres vivants et, par un Physicien, les problèmes de rayonnement solaire.

A Montpellier, le DEA d'écologie réalise une intégration plus poussée avec un système de modules à choisir à la fois dans un tronc commun (biogéographie, climatologie, pédologie, génécologie, pathologie, mathématique) et dans l'une ou (et) l'autre des options (d'une part, écologie végétale où sont traités, entre autre, l'énergétique, la paléocécologie, les relations sol-végétation, les relations dans les peuplements ; d'autre part, écologie animale où figurent les chaînes alimentaires, les milieux dulcaquicoles, les complexes pathogènes chez l'homme).

Enfin à Lyon I, l'intégration est bien meilleure encore, puisque tout le système est basé sur l'étude écologique de milieux de types différents, avec adjonction d'unités de valeurs telles Physiologie et Hygiène, Economie des systèmes biologiques, Géodynamique, dispensées par des enseignants des Sciences humaines et économiques.

III.2.5. *Ecologie sensu proprio.*

Celle-ci est axée surtout sur les problèmes d'interrelations. Trois tendances peuvent y être mises en évidence.

III.2.5.1. Tendance intégriste.

L'enseignement de l'Ecologie n'est pas autonome, mais les théories et concepts écologistes sont appliqués à des problèmes particuliers : tel est le cas de l'Ecole natio-

nale des Ingénieurs GREF où chaque discipline examine ses problèmes sous l'angle écologique aussi bien qu'économique ou technique.

III.2.5.2. Tendance spécialiste.

L'écologie n'est pas considérée dans son ensemble mais étudiée sous un angle très précis à l'occasion de cycles de formation continue (Ecologie du Petit gibier à l'INA, l'ENIGREF par ex.).

III.2.5.3. Tendance globaliste.

L'écologie est envisagée comme un tout homogène placé sous le signe de l'écosystème et de son exploitation par l'homme. A côté de l'étude du milieu, les pollutions prennent bien entendu une très large place. Une remarquable convergence s'observe ici entre des centres tels que Lille, Marseille III, Metz, Orsay. Partout, sont traités les types de pollution (air, eau, industrie) mais chacun y ajoute un aspect un peu particulier.

A Marseille III, l'altération des déchets et leur intégration au niveau des chaînes trophiques retient d'ailleurs l'attention, alors qu'à Lille on insiste beaucoup sur l'urbanisation, le tourisme, les nouvelles sources d'énergie cependant qu'à Metz, hors des structures universitaires anciennes, un DES spécialisé joint, entre autre, à l'étude des pollutions agricoles, de solides notions de droit et d'économie, le tout étant couronné par un DEA d'écotoxicologie. Enfin à Nice, l'écologie est délibérément orientée vers les écosystèmes marins. Elle comprend deux volets : d'une part, l'écologie fondamentale (océan physique, rapports du milieu et des organismes vivants, relations trophiques et transferts), d'autre part, l'écologie appliquée (exploitation des océans, conséquences des activités humaines, législation).

CONCLUSIONS

Ce modeste rapport de synthèse voudrait, en guise de conclusion et tout en témoignant des interrelations existant entre les divers centres français où s'enseigne l'écologie, regrouper en quelques lignes les grands traits de cet enseignement.

D'abord, et un peu paradoxalement, on peut dire qu'il est à la fois un et divers. Un, parce que, aux quelques exceptions près de gros centres très charpentés où existent de grands organismes de recherche comme l'UER des Sciences de la mer à Marseille, le CEPE de Montpellier, le stade *imago* n'est encore nulle part atteint, la plupart des enseignements paraissant devoir évoluer.

Divers, pour une foule de raisons : nécessité de s'adapter à des auditoires diversement préparés, nécessité d'enseigner à des niveaux très différents depuis le premier cycle jusqu'au recyclage de fonctionnaires, nécessité de concevoir des programmes en fonction de débouchés précis régionaux, nationaux, internationaux, nécessité d'intégrer en un tout homogène des fractions de disciplines différentes et des enseignants venus d'horizon multiples, structures sociales et économiques différentes auxquelles nous appartenons et, surtout, conceptions très diverses de l'écologie. De ce dernier point de vue, il conviendrait, après avoir constaté que le contenu du terme Ecologie déborde beaucoup actuellement le cadre strict de la définition première (étude des facteurs du milieu et des rapports entre eux et les organismes vivants), de bien se mettre d'accord sur une conception commune de l'Ecologie. Doit-on réserver à la Bio-cénétique (animale ou végétale) l'étude des facteurs du milieu et des interrelations pour inclure sous le terme d'Ecologie les grands problèmes nés de l'activité humaine (technologie comme une Unité fondamentale capable de recouvrir ces multiples aspects ?

II — PROBLÈMES PARTICULIERS A L'ENSEIGNEMENT DE L'ÉCOLOGIE

Séance du 31 janvier 1974, après-midi

M. Bernard présente son rapport : les documents en sa possession soulignent :

— 1 : Le caractère pluridisciplinaire de l'enseignement de l'écologie qui peut nécessiter l'appel à des coopérations extérieures.

— 2 : Le problème des séjours dans la nature, dont l'organisation se heurte à des questions de dates et de diversité de culture des étudiants.

— 3 : Les difficultés soulevées par l'organisation financière des excursions.

Après quelques détails sur les problèmes particuliers aux différentes Universités ou Instituts ayant fourni les éléments de ce rapport, le débat s'engage sur un premier point :

Problème d'enseignement pratique, difficultés inhérentes à cet enseignement sur le terrain, localement et à l'échelle des stations.

M. Guillard mentionne les conditions particulières à l'Ecole Nationale du Génie Rural et des Eaux et

Par ailleurs, il faut bien prendre conscience que nos enseignements se situent à trois stades d'évolution : le *stade primaire* sur le modèle Biologie animale juxtaposée à la Biologie végétale et où on s'intéresse souvent à l'écologie de facteurs sans qu'apparaissent les interrelations ; le *stade maturation* où sont traduites dans les faits les interrelations entre les deux sciences, les enseignants et les enseignés et où les contraintes subies par l'homme et celles qu'il impose s'accommodent plus ou moins de vieilles structures universitaires ; le *stade équilibré*, résolument situé sous l'angle de ses propres contraintes, dans des structures nouvelles, hors des structures classiques et où l'imagination créatrice engendre de féconds transferts d'énergie.

Ces deux points, qu'on peut résumer par une double question : quoi et comment enseigner, semblent ceux sur lesquels il conviendrait de faire porter plus particulièrement la réflexion de ce jour.

Le présent rapport aurait atteint son but, si ayant établi la situation au 31 janvier, il pouvait permettre à chacun à la fois de mieux se situer dans le contexte général et développer au maximum ce qui fait l'originalité de son propre enseignement.

Forêts de Nancy. L'enseignement, très diversifié, s'adresse à des élèves d'un bon niveau. L'écologie, sous l'optique connaissance écologique fondamentale plutôt que sensibilisation, s'intègre à tous les échelons. L'écologie fonctionnelle est considérée surtout comme un instrument pédagogique. Les problèmes de débouchés sont absents, du fait du petit nombre d'élèves et de l'encadrement permanent.

La nécessité ou non d'un enseignement pratique à tous les niveaux est ensuite évoquée.

La discussion qui s'engage fait ressortir l'introduction possible de l'écologie au premier cycle comme élément de sensibilisation (M. Souchon). Les sorties, quoique souhaitables, ne semblent pas toujours indispensables à ce niveau.

Dans les années suivantes, il se révèle que l'enseignement peut être considéré suivant 2 optiques différentes, d'après les voies vers lesquelles s'engagent les étudiants : soit formation à la recherche ou à une culture générale

approfondie, soit préparation à une sensibilisation ou à un enseignement secondaire (M. Lefeuve).

La diversité d'origine des étudiants peut poser des problèmes délicats : manque de formation de base pour certains (par exemple ceux provenant d'un enseignement de l'environnement) (M^{me} Fontaine). Enfin M^{me} Ricou signale que, pour sa part, il est possible de partir de l'enseignement de terrain pour aboutir à des données théoriques ceci même pour des matières autres que l'écologie.

Si, pour l'assemblée, la nécessité, à un certain niveau, d'excursions et de sorties ne peut être mise en doute, il n'en reste pas moins que plusieurs difficultés se manifestent : lieux des stages, période de l'année, questions de subventions.

Pour M. Lefeuve, l'occupation des stations se heurte à des problèmes de saturation. Sans doute faudrait-il multiplier leur nombre. La présence d'enseignants permanents peut entraîner certaines conséquences pour ces derniers : surcharge, problèmes de leur recherche. Enfin des difficultés graves d'assurances peuvent se poser.

D'un débat engagé sur ce dernier point, il ressort que l'état est son propre et unique assureur. La MAAIF ne peut assurer aucune sécurisation totale. Il est cependant possible de prendre une assurance complémentaire sur une compagnie privée, pour les personnes transportées, mais non pour le véhicule. Il est proposé que la société d'écologie soumette globalement tous ces problèmes au Ministère, et diffuse les renseignements obtenus par la voie du bulletin. La discussion se poursuit sur la répartition des frais et les diverses modalités de gestion et de facturation dans les différentes Universités.

La question des terrains proprement dits est ensuite de nouveau abordée par l'assemblée.

Certains « facteurs limitants » semblent intervenir à cet égard. Ainsi, pour M. Frochot, il existe un problème d'enseignants : une sortie ou un stage doivent être encadrés par plusieurs écologistes de formation diverses. Au point de vue des sorties, s'il est possible, dans un rayon restreint, d'utiliser une petite station, avec des effectifs importants et à longue échéance, la solution semble être dans l'utilisation de grosses stations possédant un éventail de spécialistes (au besoin permutations d'enseignants venant de tout le territoire).

M. Daguzan signale un autre « facteur limitant » : l'appauvrissement du milieu. On atteint rapidement un seuil : ainsi des dragages répétés (Roscoff) peuvent épuiser le biotope.

M. de Puytorac est favorable aux stages préalables du personnel enseignant dans les stations.

M. Delamare juge que le maintien d'un personnel

permanente à la station est nettement plus efficace que le passage de nombreux enseignants d'origines géographiques variées. D'autre part, la protection, très nécessaire, du site est ainsi beaucoup mieux assurée. L'existence de quelques grandes stations possédant un équipement humain important et sujet à peu de rotations semble donc préférable.

M. Dussart fait remarquer à cet égard que les enseignants ayant dépassé le grade de Maître Assistant sont légalement tenus à réintégrer leur Université d'origine. De ce fait, une carrière complète dans une station de terrain est rarement possible. Les écologistes pourraient demander au Ministère de revoir sa politique à ce niveau.

M. Lemée met l'accent sur l'avantage des petites stations : leur proximité fréquente des Universités permet des séjours brefs, et les contacts par petits groupes rendent l'aspect humain particulièrement intéressant.

Enfin, pour M. de Puytorac, on peut considérer 2 types de stages : ceux nécessitant un encadrement, et ceux recevant des personnes ayant en vue un travail déterminé, et qui ne demandent que la disposition de documents et de matériel.

Les difficultés inhérentes aux stages auprès d'organismes privés sont ensuite évoquées. Au niveau du 3^e cycle, si certaines usines acceptent de prendre des stagiaires, c'est souvent pour un travail précis. D'autre part, il semble que beaucoup d'étudiants préfèrent chercher eux-mêmes un stage par relations personnelles. Si l'on trouve un assez bon accueil de la part de certains organismes (D.D.A.), les stages en entreprises sont souvent difficiles à obtenir de la part des Universitaires : l'employeur n'y voit souvent qu'une perte financière.

Le problème du contrôle des connaissances est ensuite abordé. Comment noter le rapport d'un travail d'équipe ? Plusieurs solutions sont envisagées : note commune à l'équipe, rotations d'équipes, pondération des notes par les étudiants eux-mêmes. Un contrôle des connaissances uniquement oral est d'un grand intérêt. Il est cependant bon de connaître les capacités rédactionnelles des candidats. La question du nombre des étudiants par groupe est également fondamentale.

Quant à l'époque des stages au cours de l'année, si elle dépend du matériel étudié, il semble quand même souhaitable que des sorties aient lieu tout au long de l'année (variations saisonnières des Ecosystèmes). A cet égard, M. Dussart fait remarquer que les organismes régissant un écosystème n'ont pas tous une évolution calquée sur « nos saisons », soit que leur durée de vie soit très longue, soit que leur évolution dans le temps soit beaucoup plus rapide (micro-organismes).

Pour plusieurs membres de l'assemblée, l'existence d'un terrain proche du campus est d'un grand intérêt, quand elle est possible. Néanmoins, il est fructueux de sortir du cadre régional pour étudier les biotopes qui en sont absents.

En conclusion (M. Bournaud), il semble que l'on oscille entre 2 méthodes pour l'enseignement de l'écologie au niveau pratique : — soit fournir une idée du maximum de milieux (sorties, travaux pratiques) — soit se borner à un travail très complet dans un même milieu (stages de longue durée).

L'assemblée aborde enfin un dernier thème de discussion, les relations entre Economie et Ecologie.

M. Guillard souligne que l'étude de l'influence de l'activité humaine sur les écosystèmes nécessite un grand parallélisme entre ces 2 termes. Des contacts avec des écologistes sont donc intéressants. Pour M. Godron, l'étude des problèmes écologiques par le biais économique se révèle fructueuse pour une vision globale des phénomènes. M. Ramade fait part à l'assemblée de quelques réflexions : La pensée économique est une pensée tronquée. L'économie occidentale doit réviser la façon d'organiser la production en fonction d'une connaissance approfondie du fonctionnement des écosystèmes. M. Souchon signale son accord sur ce sujet. Cependant

(E. U.), on commence à introduire des données écologiques. Elles devraient entrer dans un calcul de coût économique. M. Guillard est conscient du souci d'intégrer plus d'éléments à l'économie. Mais il faut replacer dans son contexte « l'obsession de la productivité ». A cet égard, un recyclage des universitaires sur les problèmes de technique forestière semble très souhaitable.

La discussion qui suit permet de soulever plusieurs questions : doit-on admettre que l'O.N.F. soit déficitaire ? si oui, est-on prêt à assumer ce déficit ? sa politique est-elle choquante du point de vue esthétique du paysage ?...

En conclusion, M. Dussart souligne la confusion fréquente entre les termes « Economie » et « Finance ». Il est intéressant d'intégrer les économistes : ainsi, l'Economie est une autécologie monospécifique plaçant l'homme en avant. L'Ecologie est l'Economie de toutes les espèces prises ensembles.

Pour terminer, M. Vivier mentionne son opinion : La forêt n'est pas seulement faite d'arbres, mais aussi de sol et d'animaux. Les coupes peuvent donc avoir un caractère néfaste. Et, dans les régions où l'Economie a été prise comme moyen d'évolution (Nord), il ne reste rien de l'Ecologie.

III — PLACE DE L'ENSEIGNEMENT DE L'ÉCOLOGIE

Séance du 1^{er} février 1974, matin

La séance est placée sous la présidence de M. le Docteur Ferry, assisté de Mademoiselle Gounot.

Le rapport de synthèse est présenté par M. R. Ginot.

La discussion est ouverte et il est convenu de la structurer autant que possible selon l'ordre des « rubriques » proposé par le rapporteur.

Formation « amont »

Presque toutes les interventions soulignent la nécessité d'une initiation à la nature et aux équilibres écologiques dès le stade de l'école primaire, voire dès la maternelle. Il s'agit, non pas d'une somme de connaissances à acquérir, mais d'une tournure, d'un état d'esprit, sans toutefois perdre de vue qu'il ne faut pas confondre amour de la nature et écologie.

Au niveau de l'enseignement secondaire, l'enseignement des Sciences Naturelles n'a pas la place qui lui revient : les horaires des enseignements de biologie sont les plus faibles d'Europe. L'attention de la Commission de Réforme des Programmes de Sciences Naturelles dans le Secondaire doit être attirée sur ce point, en prenant garde de ne pas tomber dans le piège d'un esprit corporatif trop étroit.

Au niveau Supérieur, les étudiants ont des connaissances trop restreintes en systématique, ce qui limite les études écologiques.

Auditoire enseigné.

En dehors de l'auditoire classique de naturalistes, dont on a parlé précédemment, il faut distinguer le cas

de ceux qui viennent se recycler (voir ci-après) et le cas des étudiants issus des filières non naturalistes, géographes par exemple. En ce qui concerne ces derniers, ce n'est pas une écologie « au rabais » qu'il faut leur donner, mais il faut leur délivrer au contraire un enseignement attractif, original; en effet ces étudiants ne sont pas forcément volontaires pour s'initier à l'écologie, et ils seront ensuite les véhicules de l'écologie dans des sphères où cette dernière doit s'implanter. L'esprit écologique n'est pas uniquement un esprit naturaliste. L'enseignement de l'écologie est également dispensé aux Agronomes et aux Forestiers (enseignements dispensés au niveau du Ministère de l'Agriculture). Il devrait l'être également au niveau des Grandes Ecoles qui fournissent des aménageurs dépourvus de toute notion écologique (Polytechnique, E.N.A., etc...)... mais n'y aurait-il pas danger de voir s'installer une « écologocratie » ?...

La matière enseignée.

Le débat s'ouvre sur un certain nombre de questions; qu'est-ce que la nature ? qu'est-ce que l'environnement ? qu'est-ce que l'écologie ?

Pour certains, la nature est tout ce que l'homme n'a pas fait, bien que l'homme fasse partie de la nature. Pour d'autres, il n'est pas objectif de faire une coupure tranchée entre milieux naturels et milieux artificiels, les lois de l'écologie s'appliquant à tous les écosystèmes.

L'environnement est souvent ressenti comme la seule partie perçue de notre milieu, c'est le « biotope de l'homme ». L'environnement comporterait l'homme au centre le milieu serait plus général, plus global.

Il n'est pas apporté de réponse à la question qu'est-ce que l'écologie ?...

Formation « aval », formation post-universitaire, enseignements destinés au grand public.

Le problème de la formation continue est très largement débattu. Il est regretté que la formation continue des enseignants ne soit jusqu'ici ni prévue, ni finançable officiellement. L'accent est mis sur la nécessité de recycler en écologie économistes et aménageurs. Le financement de ces actions de formation continue pose de nombreuses questions; de même le personnel chargé d'assurer cet enseignement fait l'objet d'un assez long débat. Effectuer un tel enseignement dans le cadre d'heures supplémentaires est un mauvais système. Il serait bien préférable de mettre en place de nouveaux enseignants qui ne constitueraient pas un corps séparé, mais qui seraient installés dans des postes nouvellement créés à cet effet.

RAPPORT de M. GINET

Les organisateurs du Colloque m'ont confié l'analyse de douze rapports, la plupart assez brefs, dont le contenu avait des liens plus ou moins directs avec ce Thème de travail.

Ces textes émanent d'horizons pédagogiques assez variés. Ils sont dus aux personnes suivantes :

- 1 — M. Bernard (Université, Sciences, Nice)
- 2 — M. Bournerias (Lycée Chaptal, Paris)
- 3 — M^{me} Bouvet (Université, Sciences, Lyon)
- 4 — M. Delpech (I. N. Agronomique, Paris)
- 5 — M. Douguedroit (Université, Lettres, Aix-Marseille)
- 6 — M. Gautier (C.S.U. Chambéry)
- 7 — M^{me} Gounot (Université, Sciences, Lyon)
- 8 — MM. Guillard, Jacamon, Cazaux (E.N.G.R.E.F., Nancy-Paris)
- 9 — M. Obaton (I.N.R.A. Dijon)
- 10 — M. Toitot (I.N.R.A. Versailles)
- 11 — M. de Parcevaux (A.P.B.G., Besançon)
- 12 — M. Zandonella (Université, Sciences, Lyon).

L'examen de ces textes, dans la perspective du Thème n° 3, montre un contenu très divers. La synthèse en est difficile car il n'est pas possible de faire une exploitation statistique sur un aussi faible nombre, et on ne peut guère exprimer que des points de vue ponctuels dans le cadre de ce Thème. Néanmoins, l'énoncé de ces observations et de ces remarques montre qu'elles sont souvent applicables à la généralité; regroupées en quelques rubriques, ces remarques peuvent :

- ou bien suggérer des questions et des échanges d'idées sur leur contenu, que l'on discutera ensuite :
- ou bien donner des idées d'action à certains membres de notre auditoire chacun dans sa sphère, dans sa région, dans son propre « écosystème »...
- ou bien aider à résoudre certains problèmes évoqués par ces textes, par un échange d'expériences personnelles.

C'est donc dans ce sens d'ouverture d'un débat que j'ai rédigé ce rapport, plus que dans celui d'établir un bilan définitif, impossible à faire.

Dans le cadre du Thème n° 3, j'ai ainsi distingué 5 rubriques successives, qui s'enchaînent les unes aux autres : 1 — la formation « amont »; 2 — l'auditoire; 3 — l'encadrement; 4 — la matière enseignée; 5 — la formation « ultérieure » et l'aspect culturel de l'écologie.

1 — En ce qui concerne la première de ces rubriques : formation préalable des étudiants, trois rapports se retrouvent convergents pour signaler le manque de

formation de base, et pour souligner les inconvénients qui en résultent (1-2-8).

Par exemple à Nice (Université), sur 15 étudiants préparant le C4 d'Ecologie, 4 seulement possèdent la Maîtrise ès-Sciences et 2 de ces derniers ont les C.E.S. de Zoologie et de Botanique; aucun n'a de formation géologique. La formation écologique des I.G.R.E.F. est obérée par le manque de bases et d'« esprit écologique » préalable, indispensables pourtant pour développer, dans une école d'application, la prise en considération des facteurs écologiques dans la gestion et l'aménagement du milieu rural; ce n'est d'ailleurs pas le seul cas de ce type qui existe.

C'est donc dans l'Enseignement Secondaire — et même Primaire — que doit être développé et cultivé cet esprit ». Or, le 3^e texte analysé déplore justement l'absence des bases les plus élémentaires d'écologie, chez les candidats à l'agrégation qui n'ont pas suivi les certificats spécialisés (et ce sont les plus nombreux).

Tout ceci converge donc en ce qui concerne la formation amont », pour plaider en faveur d'un développement de l'enseignement et de l'acquisition des méthodes de l'écologie, dans l'Enseignement Secondaire et même dès l'Enseignement Primaire. A mon avis cependant, il ne saurait être question d'une nouvelle aggravation des programmes, mais bien plutôt ce doit être une approche intellectuelle des problèmes de la Nature et de l'environnement humain, d'un état d'esprit plus que d'une connaissance.

Cela débouche directement sur le problème de la formation pédagogique globale des maîtres et de nos collègues des lycées et collèges, en biologie, méthodes, concepts, synthèses écologiques. Nous retrouverons ce problème à la fin de cet exposé; mais il est intéressant de noter dès maintenant que ces perspectives sont déjà très concrètement réalisées dans certaines Académies (liaisons avec l'A.P.B.G.).

2. L'auditoire enseigné (1-2-5-6-7-11):

Comme l'indique l'un de ces textes, « l'écologie est à la mode et l'on est fier d'en parler avec compétence »; cela motive donc des gens d'horizons très variés pour venir acquérir les bases indispensables de l'écologie. Cette hétérogénéité de recrutement pose de très grands problèmes pédagogiques car — et ce n'est pas applicable seulement à l'écologie — moins l'auditoire est spécialisé, plus on perd de temps à exposer les indispensables bases intellectuelles au détriment de la discipline spécialement enseignée. Par exemple, l'écologie microbienne peut être enseignée ou bien à des biologistes généraux, ou bien à des microbiologistes généraux; la manière de faire ne peut être la même dans l'un et l'autre cas.

Parmi cette hétérogénéité, on peut citer quelques jalons (qui montreront ainsi divers niveaux auxquels peut être enseignés l'écologie):

— *futurs enseignants naturalistes*: un rapport souligne l'intérêt qu'il y a à apporter une formation au moins élémentaire à tous les futurs enseignants, dès le début des études supérieures (1^{er} cycle DEUG/B par exemple), mais aussi aux futurs agronomes, ou aux futurs cadres administratifs de la Nation. Ce point recoupe directement la conclusion du paragraphe premier, et s'insère aussi dans les questions de recyclage.

— *autres étudiants*: étudiants en Sciences Economiques, en géographie, techniciens supérieurs et futurs Ingénieurs.

— *grand public*: par exemple à Chambéry existe depuis 1971 au C.S.U. un enseignement intitulé « préparation à la connaissance des problèmes relatifs à l'environnement ». Nous reparlerons de ce problème plus loin.

Donc l'hétérogénéité de l'auditoire enseigné pose, à mon avis, plusieurs séries de problèmes:

- niveau moyen de ce qu'il faut enseigner;
- connaissances de base préalables;
- but du déterminisme de cet enseignement;
- programme des connaissances à diffuser;
- les enseignants.

3. Ceci nous conduit donc à la troisième rubrique de cette tentative de synthèse: l'encadrement (rapports 1-4-8-9-10-11-12).

Tous les rapports partiels qui évoquent cette question plaident — et ceci n'est pas pour surprendre — l'interdisciplinarité de l'écologie (enseignement comme recherche), et donc la nécessité de la constitution d'équipes d'enseignants, chacun étant plus ou moins spécialisé dans tel ou tel aspect de l'écologie. Chacun d'entre nous et à peu près convaincu de ce principe et je n'insisterai donc pas, sinon pour reprendre les points évoqués précédemment par l'un des rapports, pour les conditions d'un enseignement pluridisciplinaire:

a) *harmonisation* entre les disciplines (s'entendre en particulier sur la terminologie utilisée);

b) préciser les niveaux de perception et d'analyse des phénomènes;

c) choisir un thème central commun à tous (l'étude d'un écosystème par exemple); ce thème central peut avoir un autre niveau, moins concret mais plus polyvalent, comme la comparaison entre plusieurs écosystèmes différents par exemple.

d) éviter qu'une discipline ne devienne prééminente sur les autres, par le temps ou par les moyens dont elle dispose, et éviter d'oublier certaines disciplines (cf. « écologie animale », « écologie végétale »...)

e) tout ceci se résume à la constitution d'équipes d'enseignants (et chercheurs), qui se choisissent un *coordinateur/animateur*, dont le texte analysé évoque les qualités : ouverture d'esprit, solides connaissances générales, souplesse dans les relations humaines.

Pour répondre à ces principes, l'encadrement d'un enseignement d'écologie doit donc faire appel à divers spécialistes *extérieurs* à la structure qui est chargée de l'enseignement, et qui lui apportent leur propre compétence (conférences, démonstrations, aide, etc.).

4. *La matière enseignée* s'insère directement dans les préoccupations du point précédent car les membres de cette équipe enseigneront, avec la coordination de son animateur, ce que *eux* connaissent bien.

Peu de rapports font directement allusion à cela, qui recoupe d'ailleurs partiellement d'autres Thèmes de ce Colloque, et qui ont donc déjà été évoqués. Il est bien connu que l'écologiste doit avoir des aperçus sur bien d'autres choses que celles qu'il enseigne particulièrement, ou qui font l'objet de son sujet de recherches particulier; je n'insisterai donc pas.

5. *Formation « anant »*, formation des étudiants doivent être complétées par la formation « aval », postérieure à « l'Université dispensatrice de diplômes »; la *formation permanente* est actuellement fort prisee, et elle a fort à faire avec l'écologie (3-6-8-10-11-12) :

Cet enseignement continu peut s'adresser à divers niveaux de personnes *engagées dans la vie professionnelle*; on peut les regrouper ainsi :

1) Le « recyclage » — ou le « cyclage » tout court — des *enseignants* du Primaire et du Secondaire. La nécessité d'une prise de conscience des problèmes généraux de l'écologie doit se faire très tôt dans l'ensemble de la population, et ceci doit être fait pendant la période « analogique », polyvalente, de la formation scolaire obligatoire. Il a été dit plus haut qu'il doit s'agir de l'acquisition plus d'un état d'esprit que d'un ensemble de connaissances; mais en toute hypothèse, cette formation ne peut qu'être consécutive à un enseignement, donc il importe que ces enseignants soient eux-mêmes formés en ce sens.

2) Une formation assez semblable dans son principe doit pouvoir être donnée aux *cadres non universitaires* : Ingénieurs G.R.E.F., Ingénieurs Agronomes, Agricoles,

Urbanistes) et cadres administratifs, locaux, régionaux ou nationaux.

3) Intérêt du *grand public*. Actuellement, il semble que ce dernier soit assez sensibilisé aux problèmes de l'environnement, de l'écologie, de la Nature en général, même si souvent le mot « écologie » dévie de son sens initial (n'a-t-on pas attendu récemment parler de « vacances écologiques »...). Dans cet esprit, il s'agit alors de former des animateurs de collectivités extra-universitaires, et il importe donc que les universitaires dispensent leurs connaissances écologiques hors de l'Université elle-même. Ces deux manières de faire existent dans certains cas, mais il paraît indispensable de multiplier et d'encourager ses initiatives encore trop isolées et pas tellement « reconnues ». Parmi elles, on peut citer;

— encadrement de Parcs Naturels Régionaux ou de Réserves; guides naturalistes;

— encadrement d'organismes de Plein Air ou d'organismes de Jeunesse;

— encadrement dans les Maisons de Jeunes et de Culture;

— contacts avec les organismes de loisir et de vacances : tourisme écologique », « centre d'information »; le dernier Bulletin du Touring-Club de France annonce la création d'un « Centre d'Information sur la nature et l'environnement » sous l'égide du Ministère de la Protection de la Nature et de l'Environnement. De telles initiatives participent, semble-t-il, au souci du Thème n° 3 de notre Colloque, et il m'a paru intéressant de l'évoquer ici.

Il paraît bien que l'Université — malgré sa dénomination et sa vocation première — n'a pas un impact suffisant sur ces derniers points, malgré des tentatives méritoires, mais dispersées, pas très soutenues, non coordonnées, un peu anarchiques. Sans doute y-a-t-il là une action positive dont la Société d'Ecologie et notre Colloque devraient se préoccuper : celui de *l'ouverture à l'extérieur*...

Ce rapport de synthèse est forcément incomplet, par manque de données concrètes et plus larges que celles dont nous disposons pour l'établir.

Néanmoins, il donne une idée suffisante des problèmes intellectuels qui restent à résoudre (l'aspect matériel n'a pas été envisagé en tant que tel). C'est surtout dans ce sens qu'il a été rédigé.

R. GINET

IV. — RELATIONS ENTRE L'ÉCOLOGIE, L'ENVIRONNEMENT ET L'AMÉNAGEMENT

Séance du 1^{er} février 1974, après-midi

M. Grison, président de séance, accueille les personnalités : MM. Bernard, conseiller technique au Ministère de l'Environnement, Cassoux, délégué régional à l'Environnement, Blanc, chef du service Environnement à la Préfecture du Rhône, Moyen, représentant de l'Agence de Bassin.

M. Bernard soumet quelques réflexions à l'assemblée. Il définit l'écologie comme l'étude de l'adaptation des êtres humains à leur milieu et de l'adaptation que l'homme fait subir à ce milieu. L'écologie est une science difficile, science de synthèse, sans frontières, quoique centrée autour de la Biologie animale et végétale et de l'étude du milieu.

Le ministère voit une double mission pour les écologistes : celle de recherche et celle d'enseignement. En raison de l'insuffisance des connaissances actuelles, le développement de la recherche écologique est urgent, en particulier dans l'optique pratique qui doit permettre d'éclairer techniciens et hommes politiques dans les décisions qu'ils ont à prendre. Dans le cadre de leur mission d'enseignement, les écologistes ont un rôle capital à jouer dans la formation des maîtres des niveaux élémentaire et secondaire. Le but à atteindre est de donner à chaque citoyen, par l'intermédiaire de ces maîtres, le bagage minimum pour qu'il ait un comportement de respect et d'attention à l'égard des écosystèmes naturels.

On ne doit pas cacher qu'en dehors de ces deux missions, il n'existe encore guère de métier d'écologiste, ce qui est en opposition apparente avec les besoins individuels ressentis par la société actuelle, besoins qui iront nécessairement en croissant.

Les premiers débouchés dans ce sens concernent le domaine de l'écologie appliquée. Il existe une demande, certes très limitée, en experts de niveau élevé. M. Bernard cite ainsi les Conseillers Scientifiques de Parcs Naturels, ou les experts appelés auprès de divers organismes d'aménagement. A l'occasion de tout grand projet d'aménagement pourrait être demandée une étude écologique évaluant les conséquences du projet sur le patrimoine naturel. Ces fonctions exigent que l'écologiste fasse un effort en direction du monde économique,

qu'il adopte une certaine souplesse tactique en abandonnant une partie de son intransigeance, dans le but, en définitive, de convaincre ses interlocuteurs sans risquer une rupture du dialogue. Dans ce contexte les écologistes auraient intérêt à s'insérer dans des équipes pluridisciplinaires réunissant aussi des urbanistes, des géographes, des sociologues, des techniciens. Comprenant le langage des autres membres de l'équipe, ils pourraient alors appeler l'attention de ces derniers sur les principes à respecter pour préserver les équilibres naturels.

M. Bernard conclut son exposé sur l'importance de ces notions d'interdisciplinarités et d'ouverture sur le monde économique.

M. Cerceau fait ensuite l'exposé suivant :

M. Cassoux fait part de l'existence, à titre expérimental, d'un atelier régional du paysage se tenant à la disposition des administrations et des collectivités qui en auraient besoin. Cet atelier pourrait avoir recours à des écologistes, sous forme de contrats d'études, ou occuper, par la suite, des écologistes de façon permanente. La première promotion de paysagistes destinés à de tels centres sort de l'Ecole d'Horticulture de Versailles.

M. Bernard insiste sur le nombre important d'études de Biologie Appliquée actuellement financé par le Ministère de l'Environnement, auquel il assigne également un rôle de coordination entre les différents organismes concernés par l'aménagement (administrations diverses, EDF, CEE, etc.).

La discussion fait ensuite ressortir un 3^e rôle des écologistes, qu'avait déjà mentionné M. Bernard : celui d'être la conscience écologique de la nation, « une conscience objective, non partisane pondérée », selon l'affirmation de M. Guillard. Les divers orateurs sont unanimes pour souhaiter que, dans ces conditions, les écologistes soient plus souvent consultés, qu'ils aient effectivement l'occasion d'intervenir ainsi qu'ils le désirent. Leur participation réduite aux structures actuellement en place est peut-être liée à la difficulté de leur rôle et à la position souvent conservatrice et négative qui est la leur vis-à-vis des divers projets de transformation et d'aménagement du milieu naturel. Il faut

qu'ils aient l'occasion de justifier cette position par son efficacité à long terme, car il est toujours difficile d'imposer des contraintes qui ne sont pas comprises.

L'assemblée regrette de nouveau que, malgré ces besoins évidents, le métier d'écologiste et les débouchés correspondants n'existent pas encore et souhaite que l'écologie soit revalorisée dans tous ses aspects.

M. Grison conclut la séance en annonçant que ces premiers contacts de la Société d'Ecologie avec le Ministère de l'Environnement seront suivis par d'autres, notamment avec les Ministères de l'Education Nationale et de l'Agriculture.

E. PATTEE

RAPPORT DU PROFESSEUR Y. GAUTIER

Faculté des Sciences et des Techniques
Centre Universitaire de Savoie
B. P. 143 73011 Chambéry

Trois rapports seulement m'ont été adressés dans le cadre du thème 4 : prospective; avenir de l'enseignement de l'Ecologie. L'un exprime le souhait que les écologistes universitaires et les ingénieurs des eaux et forêts aient davantage de relations et de meilleure qualité; le second définit le profil idéal de l'écologiste aménageur pour les territoires d'Outre Mer, le troisième trace les grandes lignes du programme d'Ecologie qu'il serait souhaitable d'enseigner aux diverses catégories d'étudiants pour contribuer à parfaire leur formation. Des résumés de ces rapports se trouvent ci-après.

L'avenir de l'enseignement de l'Ecologie dépendra de la prise de conscience de tous les enseignants et surtout de ceux du primaire, plus encore que de la volonté du Ministère de donner à cette science la place qui lui reviendra à terme de toute façon. Comme l'a dit très justement notre collègue Souchon lors du Colloque de Lyon : « il faut enseigner l'écologie de l'école maternelle au baccalauréat mais il faut davantage développer un état d'esprit que s'accrocher à un programme ». Il en est de l'écologie comme de l'éducation sexuelle, commencer à l'enseigner à l'université est beaucoup trop tard. Cela doit s'apprendre dans la nature et dès les premières années. Les enfants sont fascinés par les êtres vivants mais ils sont coupés de la Nature par l'urbanisation croissante. Du bon travail est fait par des instituteurs et des animateurs dans nombre de communes, surtout rurales, comme en témoignent diverses expositions et certains articles parus dans « Jeunes et Nature » (le groupe jeunes de la Fédération Française des Sociétés de Protection de la Nature) ou dans « Loisirs

et Nature », la revue des jeunes amis des animaux et de la nature par exemple.

Il n'est pas douteux que l'Ecologie peut être enseignée à différents niveaux et il me paraît indispensable qu'elle le soit. Si nous laissons l'enfant se détacher de l'objet de sa fascination première il va reporter son intérêt sur la machine et les produits de synthèse de la société industrielle physicochimique, qui est la nôtre depuis 150 ans et qui est devenue notre environnement de tous les jours. C'est pourquoi les parcs et réserves naturels aussi petits soient-ils doivent être multipliés ainsi que les sentiers d'initiation à la nature : ils sont bien davantage formateurs et porteurs d'avenir que le macadam et le béton sans âme.

Il nous faut combattre cette idée encore trop répandue que l'Ecologie est une mode passagère, la « tarte à la crème » comme me le disait un collègue démographe (!) et prouver dans notre enseignement (actuellement en plein essor), qu'ils s'agit en fait, du fondement de comportements sains et responsables des hommes à venir.

Le temps passé aux études biologiques et écologiques dans notre enseignement secondaire français est actuellement le plus court d'Europe. Nous n'avons pas encore su montrer, comme nos collègues physiciens, secrétés par notre type de société, l'importance de notre discipline. Il faut noter aussi que la technologie est enseignée dans les collèges d'enseignement secondaire non techniques, à raison de 3 ou 4 heures hebdomadaires. Il faut sans doute y voir une volonté délibérée de favoriser l'avènement d'une société surindustrialisée. Je suis convaincu qu'il vaudrait mieux promouvoir une société post industrielle avec une productivité moindre et de haute qualité, des relations humaines meilleurs et plus suivies. En fait, l'Ecologie est tellement une « science d'éveil » qu'elle en devient une « science subversive » comme le dit le titre de l'ouvrage d'écologie humaine de Paul Shepero et Daniel Mac Kinley (1969) — Houghton Mifflin Cy Edit. — Elle ne saurait donc être aussi « rentable » que la technologie dans une société pour laquelle l'industrialisation et l'expansion sont devenues des dogmes.

A cause de la structuration de la société et de l'urbanisation croissante, on peut penser que l'Ecologie enseignée sera aussi (et surtout) au niveau universitaire, une écologie d'aménagement. Elle va entrer dans le cadre des sciences et techniques nouvelles et il est indispensable que participent à tous les niveaux et dans les différents corps d'état et sociétés privées, des écologistes compétents. La formation de ces promotions va se trouver aidée par la parution en français, prévue pour cette année enfin, de l'ouvrage américain de Ian Mac Harg « Design with nature » (1969). Logiquement, la vie devrait passer avant l'argent comme critère de

décision mais ces exemples quotidiens nous montrent la force des « impératifs économiques ». L'argent, fondement principal de nos sociétés, en vicié tout le fonctionnement. Une pyramide ayant une telle base ne saurait être très durable.

Les écologistes savent bien que leur science a valeur formatrice immense, qu'elle est autre chose que la simple science de l'aménagement, une « science de l'ingénieur » de plus, en somme. En fait son contact permanent nous fait sentir la nécessité et la fragilité de l'interdépendance, de l'équilibre et de l'harmonie esthétique d'un ensemble vivant et non vivant. Ceci ne doit pas nous empêcher de tirer des conclusions pratiques de son étude pour améliorer le sort de notre espèce. Mais combien ont assez d'imagination pour envisager le milieu ambiant de nos enfants devenus hommes et pour agir en sorte qu'il soit le meilleur et le plus beau possible au lieu de penser « nos descendants n'auront qu'à se débrouiller » (solution d'égoïsme et de facilité) ?

Les conceptions ancestrales de main-mise totale sur la nature sont dures à mourir; il est désormais plus facile de briser un atome qu'une idée fausse » comme l'a dit Albert Einstein. En fait, il nous faut parvenir à enseigner le « respect de l'autre », notre mère nature en sachant que les fils sont biens souvent ingrats. Quant les décideurs font passer le profit à court terme avant toute autre considération, il faut pouvoir leur opposer ce qui est humainement souhaitable pour le plus grand nombre à long terme : ce sera là un des rôles majeurs des écologistes dans l'avenir.

Il me reste à évoquer 3 thèmes que j'ai sélectionnés pour en terminer avec ce rapport sur l'avenir de l'enseignement de l'Ecologie en France : la recherche écologique, l'enseignement extrascolaire et extrauniversitaire, la pluridisciplinarité de l'enseignement de l'Ecologie. Le fait que l'Ecologie puisse être faite sur le terrain avec des observations régulières et un appareillage simple (du type ancien naturaliste) et qui devrait faire sa force peut aussi être considéré comme sa faiblesse. En effet, seuls semblent faire du travail sérieux les chercheurs qui utilisent un matériel cher et sophistiqué (même s'il est sujet à pannes...). Nous vivons dans une société industrialisée et technicisée à un point tel que la machine tend à s'imposer, à devenir la reine qu'il faut servir avec l'aliénation qu'elle engendre. On a un peu trop tendance actuellement à privilégier l'informatique l'automatique, la cybernétique, mais l'expérience montre que les machines météorologiques ne sont pas toujours fiables sur le terrain (ex. pluviographes enregistreurs automatiques qui se bouchent régulièrement dans nos stations). Il faut le répéter : un bon travail écologique peut être fait n'importe où, avec un équipement simple et un minimum de termes savants. On peut même faire faire

de l'Ecologie élémentaire avec les animaux domestiques ou urbains. Les observations ou mesures que l'on fait faire aux enfants les sensibilisent au problème des ressources disponibles et la génération prochaine se laissera probablement moins fasciner par la machine que la nôtre ou celle qui l'a précédée et qui a été l'artisan du mode de vie actuel. Le jour n'est plus loin maintenant où il faudra choisir nettement entre la croissance indéfinie dans tous les domaines qui est actuellement érigée en dogme et la qualité de l'environnement humain qui n'est pas une recherche de snobs mais une nécessité pour notre santé physique et psychique et notre survie à long terme.

Le deuxième thème auquel je faisais allusion plus haut est que l'enseignement de l'Ecologie se fera aussi « tout seul » hors des écoles et des universités. Les hommes font de l'Ecologie sans le savoir dans leur vie de tous les jours : en effet, l'écologie met en évidence l'indispensable équilibre entre production et consommation, entre population et ressources, or, les événements récents en matière de ressources énergétiques par exemple, enseignent davantage de gens que les trop rares professeurs d'Université. Ils touchent tous les citoyens qui paient leur essence c'est-à-dire une énorme majorité d'entre eux; la même remarque peut être faite pour les ressources en métaux précieux ou non ferreux et aux ressources alimentaires dont les prix augmentent, ce que chaque citoyen apprend solidement car cela se fait à ses dépens. Ainsi l'enseignement de l'Ecologie se fait aussi hors de l'Université (selon le vœu d'Ivan Illich et les écologistes ne s'en plaindront pas car ils ne peuvent suffire à la tâche; les perturbations économiques actuelles les aident grandement à prouver qu'ils ont eu raison avant les autres. La crise, ils l'avaient prévue mais il n'y ont qu'un mince mérite : la discipline qu'ils ont choisie leur a enseigné depuis longtemps les relations qualitatives et quantitatives entre les êtres vivants (y compris les humains) et le milieu ainsi que les relations existant entre les différents êtres vivants (y compris notre espèce). C'est dire qu'ils ignorent moins de choses sur le fonctionnement de la biosphère que la grande majorité de leurs concitoyens. Ils savent ce qu'il faudrait faire pour que ça aille mieux; il n'est guère douteux qu'actuellement le temps travaille pour eux. Paradoxalement, si le temps presse et appelle une action rapide si on la veut efficace, d'autre part le temps qui passe est un précieux auxiliaire car les phénomènes dont il permet l'éclosion sont d'une évidence si éclatante que tous peuvent en tirer des leçons immédiates et être beaucoup plus rapidement instruits que par un enseignement académique. Des journaux mensuels tels que : « Le sauvage » ou « Combat Nature » en France et « The Ecologist » en Grande Bretagne apportent une aide non négligeable à l'enseignement de l'Ecologie et

contribue à la nécessaire « prise de conscience écologique ».

Il faut souligner enfin, et c'est le troisième thème évoqué, une tendance actuelle de très bonne augure et qui a trait à l'amélioration des liens entre les enseignants chercheurs biologistes et écologistes et leurs collègues des sciences humaines, sociales et économiques. Cette tendance qui a commencé à se manifester aux U.S.A. dans les années 60 se répand actuellement en France de façon progressive et le résultat de ces échanges est que les écologistes ne sont plus les seuls désormais à faire prévaloir l'importance de leur science pour l'avenir de la biosphère en général et de notre espèce en particulier. Il est très significatif que des enseignements d'écologie soient demandés partout depuis peu en France, par des disciplines qui en ignoraient jusqu'à l'existence, il y a une décennie (là le rôle de la presse a été bénéfique). Il n'est pas douteux que les résultats de cet enseignement et de cette recherche pluridisciplinaire seront, à moyen terme, bénéfiques pour tous. Des philosophes, des psychologues, des sociologues, des géographes, des démographes, des économistes et des physiiciens toujours plus nombreux, s'intéressent à la biologie et c'est de très bonne augure⁽¹⁾.

C'est à cela que l'on peut voir que l'Ecologie, comme l'a dit très justement notre collègue François Ramade est une science carrefour, la science princeps de l'environnement, la science qui va rassembler les énergies des hommes de bonne volonté de tous les pays en cette fin du siècle.

RAPPORT DE D. CERCEAU,

Membre du Conseil de la Société d'Ecologie
et Chef du Département
« Aménagement Rural et Environnement »
de la Société d'Engineering SODETEG

Il n'est pas dans notre propos d'examiner d'une manière approfondie les relations qu'il peut y avoir entre l'Ecologie sous ses différentes formes et les problèmes d'environnement et d'aménagement.

Mais il est de chercher à montrer quelle est la nature des problèmes écologiques qui se posent concrètement aux aménagistes d'une Société travaillant dans ces domaines et quelle est la place faite aux Ecologistes dans l'étude de ces problèmes et de leurs solutions, en

essayant à partir de ces réflexions d'avancer un point de vue plus général.

Les problèmes d'environnement et d'aménagement sont par nature de plus en plus complexes. Les aspects techniques, sociaux, économiques sont étroitement mêlés et il est impossible de ne pas considérer tous ces aspects parallèlement, sous peine d'émettre des opinions et de définir des solutions irréalistes et inapplicables.

Face à l'évolution des techniques, à l'accroissement démographique et aux besoins d'aménagements et d'équipements de plus en plus nombreux et importants, la recherche des solutions les mieux adaptées pour l'aménagement de l'espace doit prendre en compte toutes les caractéristiques de l'environnement naturel. Ces préoccupations sont valables non seulement pour les pays fortement industrialisés où l'on prend de plus en plus conscience que les ressources naturelles sont limitées et qu'il est nécessaire et urgent de protéger la qualité, le cadre et le mode de vie, de défendre le milieu naturel face aux agressions du développement industriel et de gérer au mieux les ressources, mais aussi pour les pays en voie de développement où se posent des problèmes de connaissance et de protection du milieu, tels que l'inventaire des ressources en eau, la défense et la restauration des sols, ainsi que des problèmes d'utilisation rationnelle des ressources naturelles.

Toutes ces questions nécessitent par leur complexité d'être étudiées par des équipes pluridisciplinaires.

Cette pluridisciplinarité est essentielle pour avoir le maximum de garanties que les divers aspects du problème étudié seront examinés et pris en compte, et que des solutions originales et valables seront proposées par le rapprochement entre les exigences et préoccupations des diverses catégories d'utilisateurs. Il s'agit en particulier souvent d'examiner avec réalisme en toute indépendance d'esprit et avec objectivité les points de vue des protecteurs d'une nature plus ou moins marquée par l'homme au cours des âges mais nécessaire à son équilibre et à son avenir, ceux des responsables et « décideurs » ayant la préoccupation et la responsabilité d'assurer le développement économique et social des régions dont ils ont la charge, et enfin ceux dont les activités directement productrices de richesses s'inscrivant dans un contexte économique donné, peuvent risquer de porter atteinte au milieu où ils sont implantés.

Pour illustrer ce que nous venons de dire, donnons quelques précisions sur la nature des interventions en aménagement — environnement ayant un aspect écologique et faisant appel à des équipes pluridisciplinaires. Il s'agit en particulier :

- d'études écologiques dans le cadre d'établissement de schémas directeurs d'aménagements régionaux, dans

(*) Ceci fait l'objet précisément de la fondation de notre Société, *Bull. Soc. Ecol.*, tome I, fasc. 1. (C.D.D.).

le but de connaître le milieu naturel (morphologie, sol, climat, ressources en eau, inventaires de flore et faune), puis de déterminer la vocation de chaque zone, les sites à protéger, les zones dégradées à reconstituer, les contraintes à imposer aux projets d'aménagement et d'urbanisme, le chiffrage économique des atteintes au milieu dans ses aspects directs et indirects.

milieu dans ses aspects directs et indirects ;

- d'études écologiques fines de sites d'aménagements ponctuels, tels que des zones à urbaniser, ou à ne pas urbaniser, des zones industrielles, des bases de loisirs, des parcs animaliers, des zones rurales, en vue de prendre en compte les données physiques, étudier la densité et la répartition des infrastructures et équipements, conserver ou recréer un cadre de vie agréable, améliorer l'environnement ;

- d'études de transformation des zones défavorisées de l'espace rural en parcs naturels, respectant et mettant en valeur l'environnement naturel, réalisant des aménagements s'intégrant au cadre humain et naturel, examinant les possibilités d'un nouveau développement rural ;

- d'études des problèmes de connaissance, d'exploitation, de gestion et de protection des ressources naturelles (sols, eaux, végétation) ;

- d'études des grands équilibres écologiques, de leurs modifications prévisibles dans le cadre des opérations d'aménagement et de développement, des conséquences économiques directes et indirectes à court et long termes, et des solutions techniques envisageables pour remédier aux aspects négatifs ou établir des contre-propositions ;

- d'études des grandes catastrophes naturelles ou provoquées par l'homme et de solutions à mettre en œuvre pour les prévoir les détecter, les prévenir et lutter contre elles (par exemple, les incendies de forêt, les avalanches) ;

- d'études de problèmes de nuisances, de leurs atteintes au milieu et de leurs solutions.

Quelques titres d'études récemment effectuées ou en cours permettront de mieux concrétiser cette liste :

- étude de la protection du milieu et de l'aménagement de la zone landaise, dans le cadre de l'aménagement de la Côte d'Aquitaine ;

- inventaire des forêts privées de la Région Parisienne ;

- étude du milieu naturel d'une zone forestière en vue de l'implantation d'un parc d'animaux sur grande surface ;

- étude de protection des lisières de grandes forêts domaniales en zones de forte urbanisation ;

- étude de la protection et de l'aménagement de sites de zones industrielles ;

- études des problèmes d'incendies de forêt sur la Côte Méditerranéenne ;

- études d'aménagement rural liées à ces problèmes ;

- études de thèmes expérimentaux de télédétection des ressources naturelles par satellite ;

- études de la pollution thermique des rivières et des incidences sur le milieu naturel ;

- mesures de la teneur en chlorophylle de l'eau de mer ;

- optimisation de tracés d'infrastructures en fonction du milieu ;

- en pays en voie de développement, études d'inventaires de zones steppiques et de solutions d'aménagement — études de connaissances et de protection des sols.

Quelle est la place de l'écologiste dans les équipes pluridisciplinaires qui étudient des problèmes ?

Ma réponse est que cette place est primordiale pour les raisons suivantes :

- Tout d'abord, il est judicieux de mélanger de façon systématique des collaborateurs de formations très diverses, chacun apportant son optique, ses préoccupations, ses solutions.

Une équipe pluridisciplinaire d'aménagement-environnement sera formée d'agronomes, de forestiers, d'architectes, d'urbanistes, de spécialistes d'équipement, de spécialistes de tourisme et loisirs, d'économistes de planification, de géographes, d'experts en nuisances, mais aussi d'écologistes, la plupart de ces cadres ayant droit au titre d'aménagistes par la vision de synthèse qu'ils acquièrent progressivement et qui replacent leur activité dans un ensemble de réflexion plus large.

- Les écologistes représentent une formation originale différente de celle de l'ingénieur.

Ils sont formés à une connaissance approfondie du milieu végétal et animal et aux méthodes qui permettent cette connaissance. Ils savent apprécier qualitativement et quantitativement ces milieux et la façon dont ils seront affectés par des projets d'aménagement. Ils connaissent les lois de la biologie et de la vie, et l'équilibre fragile des formes de celle-ci face à la puissance des technologies modernes. Ils sont plus sensibles que d'autres au fait que les ressources sont limitées et qu'elles doivent être protégées. Ils ont le plus souvent parallèlement une vue de synthèse donnant une grande part à tout ce qui n'est pas la technique strictement industrielle, et une prédisposition à une vue à long terme permettant de définir les solutions de bonne protection et gestion des ressources et du milieu, en remettant en cause les façons de considérer les pratiques et manières de penser actuelles.

Ils participent donc activement à la mise au point de solutions prospectives fortement imprégnées des

contraintes de diverses natures à prendre en considération.

Ils apprécient mieux que d'autres la quantification du qualitatif, ce que les économistes classiques ont du mal à envisager lorsqu'ils raisonnent de façon trop traditionnelle et maintenant trop étroite ; les écologistes apportent là l'imagination qui replace le problème dans toute son ampleur.

Un certain complexe pourrait faire penser que l'ingénieur agronome est finalement mieux armé que l'écologiste, puisqu'à la formation biologique, il allie celle d'ingénieur habitué à manipuler les chiffres et à bâtir des projets de réalisations concrètes. C'est en effet ce profil qui s'approche le plus de celui de l'écologiste. En réalité, nous pensons que ces deux formations sont complémentaires, dans le sens qu'elles doivent se trouver côte à côte ; l'écologiste aura toujours le plus grand souci de la protection du milieu, car il pense moins à l'aménagement qu'à la protection proprement dite. Les agronomes qui m'écoutent et qui pensent avoir aussi ce souci au plus haut point ont mérité leur titre d'écologiste.

● Enfin, les écologistes facilitent les relations constructives que l'on peut avoir et qui sont indispensables avec les Laboratoires Universitaires. Dans ces Organismes se trouvent des experts scientifiques du plus haut niveau, spécialisés dans les divers domaines qu'il est nécessaire de prendre en compte pour étudier de la meilleure façon les problèmes d'aménagement et d'environnement.

La collaboration d'Organismes d'aménagement, formés et équipés pour les réalisations concrètes sur le terrain, tenant compte des impératifs économiques et sachant les chiffrer dans leurs différents aspects, avec par ailleurs les Laboratoires et Experts connaissant bien les problèmes scientifiques soulevés et les solutions souhaitables doit être systématiquement recherchée et développée. La présence des écologistes dans les équipes d'étude facilite à ce point de vue les échanges.

Après avoir précisé à notre point de vue quel était le rôle des écologistes dans les équipes se consacrant aux problèmes d'aménagement-environnement, nous allons dire quelles connaissances et qualités nous recherchons en eux.

Elles seront de trois ordres :

● une culture générale importante, qui leur aura donné un esprit large et une vue de synthèse replaçant leur intervention dans le contexte général et leur permettant une vision d'avenir. Il s'agit de connaissances biologiques générales et variées, et de culture que je baptiserais de philosophique ;

● des connaissances de spécialisation acquises en fin d'études permettant un apport technique précis dans le cadre de travail d'une équipe.

Cette spécialisation devra également avoir permis de connaître et pratiquer les méthodes de travail technique sur le terrain et en bureau (photo-interprétation, cartographie, etc.).

Elle sera complétée par de nombreux stages pratiques effectués dans des organismes d'aménagement, soit dans le courant de l'année scolaire, soit pendant les vacances. Ces stages auront permis de voir des cas concrets, en participant directement à leur étude.

● un certain nombre de qualités :

— l'ouverture d'esprit, dont nous avons parlé précédemment ;

— l'imagination, permettant d'élaborer des solutions valables originales ;

— l'esprit d'équipe, nécessaire au travail pluridisciplinaire ;

— la personnalité, permettant de faire entendre son avis en face des autres membres de l'équipe, et en particulier en face des techniciens au sens étroit du terme ;

— le réalisme associant l'aptitude à la conception et à la création au besoin et à l'aptitude à l'action ;

— le sens du terrain et la recherche du contact direct avec le problème qui se pose ;

— la souplesse d'esprit permettant de passer d'un sujet à un autre, ces sujets pouvant paraître apparemment assez éloignés, lorsqu'on les considère d'une façon superficielle, mais ayant en fait de multiples points de convergence et de grandes analogies. Citons à ce point de vue les problèmes des pays dits évolués et ceux des pays en voie de développement, qui, dans la réalité de l'activité quotidienne d'une Société d'aménagement, se présentent à bref intervalle de façon multiple et variée.

Il faut noter à ce sujet qu'une formation attachée uniquement aux problèmes de nos pays occidentaux est insuffisante, tant en raison de l'évolution rapide de l'économie mondiale que de l'interpénétration croissante des phénomènes, de leurs conséquences et de leurs solutions, que de la nécessité pour les Organismes employant des écologistes en aménagement-environnement d'avoir une activité à la fois métropolitaine et extérieure pour leur plan de charge, leur valeur technique et leur efficacité. Mentionnons donc au passage qu'un écologiste désirant se diriger vers l'aménagement devra accepter l'idée de voyager à l'étranger, et éventuellement d'y faire des séjours prolongés, c'est-à-dire de vivre au contact d'une société qui sera moins de consommation que de subsistance.

Nous pensons que la formation universitaire, qui a toujours été libérale et qui laisse une grande initiative personnelle, répond à beaucoup des préoccupations que nous venons d'énoncer.

Quelques compléments d'information sont fournis ensuite par les participants. On signale en particulier l'existence d'une écologie médicale et microbiologique enseignée au niveau de la première année du 2^e cycle et du 3^e cycle à Montpellier, ainsi que des cours post-universitaires organisés par l'UNESCO à Strasbourg, Paris Montpellier, Toulouse, orientés vers l'aménagement du territoire.

Une suspension de séance intervient à 11 h 05, à la fin des compléments d'informations.

La reprise des débats se fait à 11 h 50, sur le contenu des divers enseignements.

Il ressort des échanges de vue :

1 — Que l'enseignement de l'Ecologie dépend des compétences locales.

2 — Que le niveau des étudiants influence le contenu de l'enseignement.

3 — Que la finalité de cet enseignement est fortement influencée par l'utilisation ultérieure qu'en feront les étudiants. (Différence de conception de cet enseignement

dans les Universités, les grandes Ecoles, l'UNESCO, l'INRA, etc.).

Deux questions essentielles sont ensuite posées :

- l'enseignement de l'Ecologie : pour qui ?
- l'enseignement de l'Ecologie : avec quel contenu ?

Il ne sera pas répondu directement à ces deux questions qui semblent opposer des conceptions très diverses de l'Ecologie.

Certains participants distinguent deux niveaux dans cet enseignement :

- le niveau professionnel ;
- le niveau culturel.

D'autres estiment qu'il faut enseigner la même chose à tout le monde.

Il semble qu'un fait recueille l'approbation générale : la nécessité d'une étroite collaboration entre enseignants et chercheurs de toutes les disciplines concernées par l'Ecologie.

La séance s'achève sur cette note optimiste !

